

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Jurić

ANALIZA AUTOMATIZIRANIH SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE I
IZUZIMANJE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA AUTOMATIZIRANIH SUSTAVA ZA SKLADIŠTENJE I
IZUZIMANJE**

ANALYSIS OF AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM

Mentor: Prof. dr. sc. Kristijan Rogić

Student: Ivan Jurić, 0135210955

Zagreb, 2015 (rujan)

SAŽETAK

Suvremena logistika traži razna rješenja kako poboljšati skladišne operacije a samim time i opskrbi lanac. Automatizirani sustavi za pohranu i izuzimanje daju vrlo dobre rezultate u usporedbi sa konvencionalnim skladištima koja koriste viličare. Kroz automatizaciju u skladišnom poslovanju postiže se bolje efektivno iskorištenje manipulacijskih uređaja i prostora skladišta. Iznimno su poželjni na lokacijama sa ograničenom površinom i u uvjetima sniženih temperatura u hladnjačama zbog visokog stupnja iskorištenja prostora što generira niže troškove skladišta. Veliki nedostatak automatiziranih skladišnih sustava je njihova nefleksibilnost i visoki investicijski troškovi. Kroz rad će se prikazati navedene prednosti i nedostaci automatiziranih sustava kao i potpuno automatizirano visokoregalno skladište tvrtke Kraš.

KLJUČNE RIJEČI: logistika; visokoregalno automatizirano skladište; automatizirani skladišni sustavi za pohranu i izuzimanje; AS/RS; komisioniranje.

SUMMARY

Modern logistics requires a variety of solutions to improve storage operations and therefore the supply chain. Automated storage and retrieval systems provide very good results compared to conventional warehouses that use forklifts. Through automation of the warehouse operations is achieved better utilization of manipulation equipment and storage space. They are highly desirable on locations with limited space available and in condition of cold storage facilities for frozen goods due to the high degree of utilization of space available, which generates a lower costs. The big drawback of automated storage systems is their inflexibility and high investment costs. Through this work it will be shown the advantages and disadvantages of automated systems as well as fully automated high rise warehouse of the Kraš company.

KEYWORDS: logistics; high rise automated warehouse; automated storage and retrieval system; AS/RS; picking.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Automatizacija u skladišnom poslovanju.....	2
2.1. Vrste skladišta.....	8
2.2. Automatizirana skladišta	10
3. Sustavi za automatiziranu pohranu i komisioniranje	12
4. Izvedbe AS/RS sustava	18
4.1. Automatizirano visokoregalno skladište (Unit load AS/RS).....	18
4.2. Automatizirano skladište za male dijelove (Mini-load AS/RS)	21
4.3. Automatizirano skladište za komisioniranje (Man on board AS/RS)	24
4.4. Automatizirano skladište s regalima višestruke dubine (Deep lane AS/RS).....	26
4.5. Posebne izvedbe AS/RS sustava.....	28
4.6. Komponente AS/RS sustava.....	29
4.6.1. Reagli za pohranu	29
4.6.2. AS/RS uređaji.....	31
4.6.3. Ulazno/izlazne platforme	33
4.7. Horizontalni i vertikalni karuseli	35
4.8. Vertikalni podizni moduli.....	40
5. Usporedba AS/RS sustava skladištenja s konvencionalnim načinom skladištenja.....	44
5.1. Ušteda prostora primjenom automatiziranih sustava za pohranu i izuzimanje	44
5.2. Usporedba troškova konvencionalnog i automatiziranog sustava skladištenja.....	50
6. Primjer automatiziranog sustava skladištenja iz prakse	56
7. Zaključak	63
Popis literature.....	64
Popis ilustracija	66

1. Uvod

Globalnim razvojem, opskrbeni lanac dobiva sve važniju ulogu u međunarodnoj trgovini te čini sustav koji omogućava povezanost između proizvođača i potrošača. Skladišta predstavljaju važan dio tog opskrbnog lanca čiji je cilj zadovoljiti potrebe potrošača. Aktivnost skladištenja i skladišni sustavi su neophodni bez obzira o kojoj industrijskoj ili neindustrijskoj grani je riječ. Današnjim ubrzanim razvojem tržišta, kako bi pravovremeno odgovorila na zahtjeve korisnika i na promjene koje se događaju na tržištu, skladišta su primorana pratiti razvoj tehnologije kako bi se krajnjem korisniku ponudila što efikasnija i ekonomičnija usluga. Uloga skladišta se drastično promijenila te skladišta više ne služe samo za čuvanje robe sve do trenutka njene ponovne uporabe već se u skladištima obavljaju i druge razne usluge kako bi se stvorila dodatna vrijednost.

Današnji skladišni sustavi moraju pravovremeno i točno odgovoriti na zahtjeve korisnika te pri tome stvoriti što je moguće manje troškova. Visoka cijena energenata, radne snage i zemljišta kao i neefikasno iskorištenje radnih strojeva i radne snage ozbiljno je ugrozila profitabilnost skladišta.

Suvremena logistika rješenja za sve veće zahtjeve tržišta nalazi u automatizaciji koja kroz veće efektivno iskorištenje resursa poboljšava rezultate rada skladišta. Razvoj transportnih tehnologija i primjena robotizacije u skladištima omogućava uštede na području troškova radne snage te se istodobno povećava sigurnost kako robe tako i zaposlenika. Nedostatak automatizacije i robotizacije u skladištima su visoki troškovi kupnje opreme i nefleksibilnost sustava.

Kao moguće rješenje koje daje vrlo dobre rezultate predstavljaju se automatizirani sustavi za pohranu i komisioniranje. U radu će se detaljno analizirati komponente automatiziranih skladišnih sustava te će se provesti usporedba automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje sa konvencionalnim skladištem koje koristi viličare sa zakretnim vilicama. U posljednjem poglavlju prikazati će se potpuno automatizirano visokoregalno skladište tvrtke Kraš.

2. Automatizacija u skladišnom poslovanju

U opskrbnim lancima skladišta predstavljaju točke ili čvorove u kojima se roba prihvaća i otprema u drugom smjeru unutar lanca. To su izgrađeni objekti ili pripremljeni prostori za smještaj i čuvanje robe od raznih fizičkih i kemijskih utjecaja čija je svrha da omogući siguran i tehnički ispravan smještaj robe bez ugrožavanja njenih svojstava i kvalitete.¹

Skladištenje je planirana aktivnost kojom se roba dovodi u stanje mirovanja. Skup svih aktivnosti s materijalom u skladištu predstavlja skladišni proces a zajednički naziv svega navedenog je skladišni sustav.

Komponente skladišnog sustava:

- Skladišni objekti/uređene površine
- Sredstva za skladištenje (regali)
- Sredstva za odlaganje
- Transportna sredstva
- Pomoćna skladišna oprema (komunikacijsko-informacijski sustav, sredstva za prekrcaj, sredstva za zahvat materijala, itd.)
- Dodatna skladišna oprema (protupožarna sredstva, sigurnosno-zaštitni uređaji, uređaji za klimatizaciju, sanitarno-higijenski uređaji, sredstva zaštite na radu, itd.).²

Osim za osnovnu namjenu čuvanja robe i konsolidacije tereta kako bi se smanjili transportni troškovi ekonomijom obujma u proizvodnji ili trgovini u skladištima se mogu obavljati i usluge dodane vrijednosti kojima tvrtke korisnicima pružaju uslugu po mjeri i time stječu prednost nad konkurencijom.

Osnovne skladišne operacije su:

- Prijem robe
- Pohrana robe u skladište (uskladištenje)
- Komisioniranje robe prema zahtjevu kupca
- Otprema robe.³

¹ Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008

² Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008

Uz osnovne skladišne operacije primjenjuju se i dodatne operacije kako bi se stvorila dodatna vrijednost na proizvodima i povećala profitabilnost skladišnog sustava. To mogu biti radnje poput: završnog sklapanja proizvoda, pakiranja i prepakiravanja, kontrola kvalitete proizvoda, testiranje proizvoda, označavanje/deklariranje, upravljanje proizvodima u povratu itd.⁴ Ovisno o vrsti skladišta i procesima koji se u njemu obavljaju skladišta se sastoje od određenog broja zona a četiri osnovne zone su: prijamna zona, skladišna zona, zona za komisioniranje i otpremna zona.

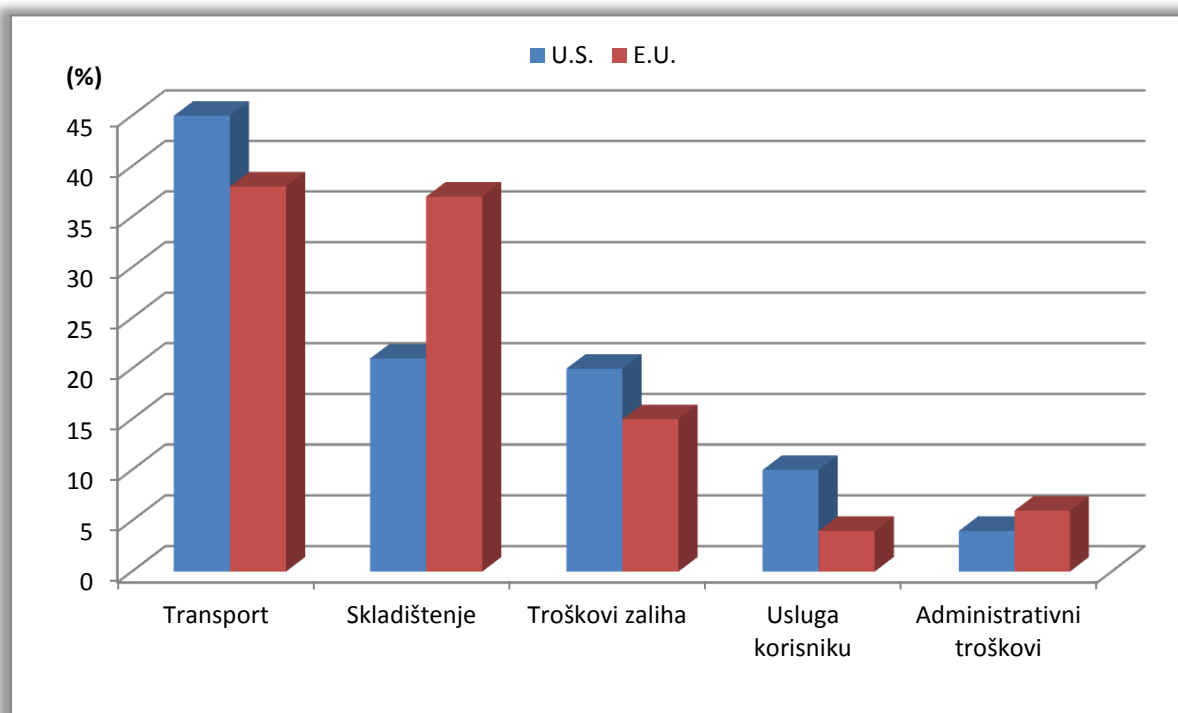
Automatizacijom u proizvodnji i skladištenju žele se smanjiti troškovi ljudskog rada te istovremeno povećati produktivnost, povećati sigurnost na radu, povećati kvaliteta proizvoda i usluga.⁵

³ Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008

⁴ http://wsionline.com/services/value-added_services.aspx

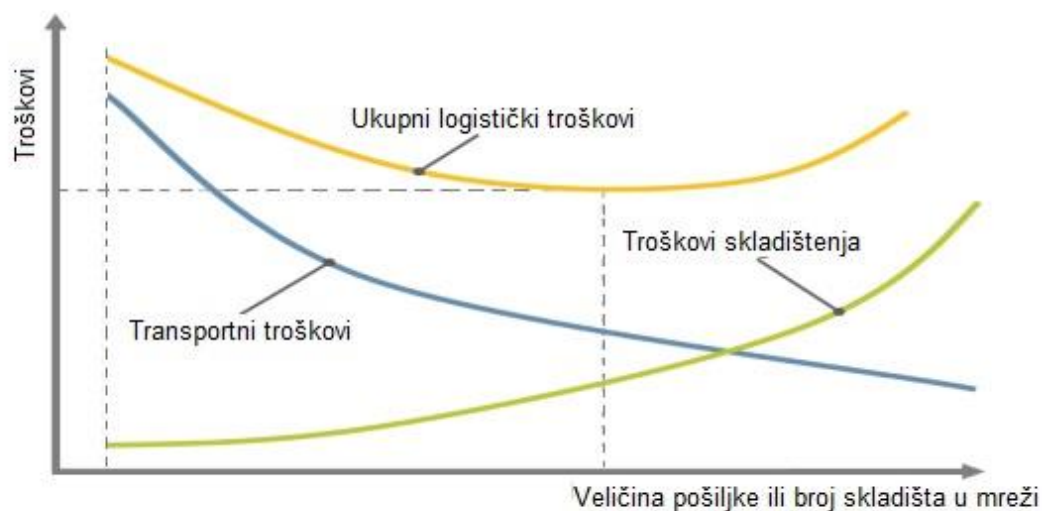
⁵ http://www.nuigalway.ie/staff-sites/david_osullivan/documents/handout.pdf

Logistički troškovi variraju ovisno o djelatnosti i grani industrijske proizvodnje. U cjelokupnom lancu opskrbe skladišta sudjeluju sa oko 30 do 35% ukupnih troškova na području Europske unije, dok na području Sjedinjenih američkih država troškovi skladištenja su oko 20% ukupnih logističkih troškova što je grafički prikazano na slici 1.



Slika 1 Grafički prikaz strukture logističkih troškova za Europsku uniju i SAD.

Izvor: https://www.fsb.unizg.hr/atlantiss/upload/newsboard/20_03_2013_18649_TEHNICKA_LOGISTIKA.pdf



Slika 2 Grafički prikaz odnosa transportnih i skladišnih troškova

Izvor: http://ycmou.digitaluniversity.ac/WebFiles/B14-15-13_BRT303-ENG.pdf

Slika 2 prikazuje odnos transportnih i skladišnih troškova. Ukoliko se radi o malim pošiljkama, malom broju artikala transportni troškovi su izrazito visoki te čine većinu ukupnih logističkih troškova. Povećanjem broja artikala transportni troškovi se smanjuju a troškovi skladištenja rastu. Također, ako u logističkoj mreži postoji veći broj skladišta tada će ukupni logistički troškovi biti veći u odnosu na mrežu sa manjim brojem skladišta.

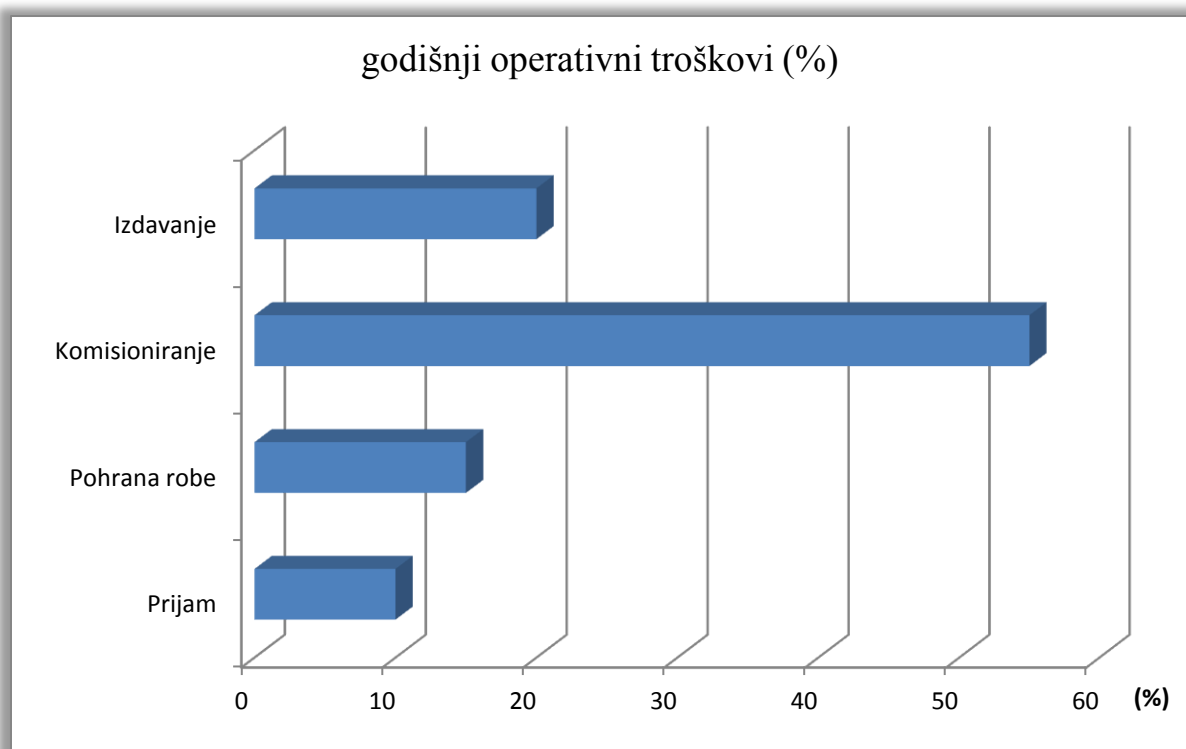
Osnovni cilj skladišnog sustava je optimizirati ukupne troškove koji nastaju u skladištu uz istodobno pružanje željene razine usluge krajnjem korisniku. Troškovi koji nastaju u skladištima mogu se klasificirati prema više različitih kriterija a najčešći kriterij jesu porijeklo nastanka troška, dinamika i raspored na mjesta i nositelje troškova. Svi troškovi sastoje se od sljedećih elemenata:

- Amortizacija investicije (objekta i opreme)
- Anuiteti otplata kredita izgradnje
- Plaće zaposlenika
- Doprinosi društvu
- Doprinosi zajedničkim službama
- Električna energija
- Troškovi unutarnjeg transporta
- Zaštitna odjeća i pomoćna sredstva
- Održavanje postrojenja.⁶

Troškovi držanja zaliha često se promatraju odvojeno od troškova skladišta. U njih spadaju troškovi kapitala, troškovi upravljanja i kontrole zaliha, troškovi rizika koji se javlja uslijed krađe, loma i drugih gubitaka na robi.⁷

⁶ Prikril, B., Božičević, D.: Mehanizacija pretovara i skladištenje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1987

⁷ Renko, S.: Autorizirana predavanja iz kolegija Poslovna logistika, Ekonomski fakultet, Zagreb



Slika 3 Grafički prikaz raspodjele troškova skladišnih operacija

Izvor: Đukić, G. Analiza i oblikovanje skladišnih sustava, magistarski rad, Zagreb, 2000

Slika 3 prikazuje strukturu troškova unutar skladišta. Najveći trošak predstavljaju aktivnosti komisioniranja sa udjelom od oko 55% ukupnih troškova. Nakon komisioniranja slijede troškovi izdavanja robe sa udjelom od oko 20%, pohrana robe sa udjelom od 15% i troškovi prijema sa udjelom od 10% ukupnih troškova skladišta. S obzirom da su troškovi komisioniranja u skladištima iznimno visoki komisioniranje je operacija sa najvećom potencijalnom uštedom kako bi se smanjili ukupni godišnji operativni troškovi skladišta.

2.1. Vrste skladišta

Skladišta se mogu podijeliti prema više kriterija te će se u nastavku prema tim kriterijima i navesti podjela skladišta.

Prema funkciji skladišta u logističkom sustavu ona mogu biti industrijska (koja služe za skladištenje sirovina i poluproizvoda) i distribucijska (koja služe za skladištenje gotovih proizvoda).

Skladišta prema vlasništvu se dijele na:

- Privatna – u vlasništvu su poduzetnika i namjenjena su čuvanju robe privatnog poduzetnika. Vlastito skladište stvara veliki fiksni trošak za izgradnju.
- Javna – skladišta opće namjene i koriste ih razna društva kojima je isplativije unajmiti skladišni prostor zbog ne kontinuirane razine zaliha ili iz drugih razloga.

Prema načinu gradnje skladišta se dijele na:⁸

- Otvorena – služe za skladištenje robe koja nije osjetljiva na atmosferske prilike i koja ne zahtjeva posebnu zaštitu od krađe. Uglavnom se radi o robi velikih dimenzija i velike mase (kamen, trupci, građevinski materijal, tračnice itd.)
- Natkrivena – prostor za skladištenje koji je s jedne ili više strana otvoren ali su natkriveni krovnom konstrukcijom. Ovaj tip skladišta uglavnom je namjenjen za skladištenje robe velikih dimenzija i velikih količina pojedine robe koja je osjetljiva na atmosferske utjecaje (drvena građa, cement, vapno, umjetno gnojivo itd.)
- Zatvorena skladišta – služe za pohranjivanje raznovrsnih roba koje su osjetljive na atmosferske promjene. Ovaj tip skladišta ujedno i štiti robu od krađe. Razlikuju se prema izvedbi i konstrukciji te se razvrstavaju na prizemna (hangarska), katna (etažna) i specijalizirana (spremnici, hladnjače, silosi, vinski podrumi itd.).

⁸ Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008

Prema stupnju mehanizacije skladišta mogu biti:⁹

- Nisko mehanizirana ili klasična – prevladava ručni rad a upotrebljava se jednostavna skladišna oprema i manipulativna tehnika. Kod ovog načina dolazi do velikog naprezanja zaposlenika i čestih povreda na radu.
- Visokomehanizirana – zaposlenici u ovakvim skladištima upravljaju raznim sredstvima kao što su viličari, skladišna dizala i automatskim sredstvima u manjem opsegu.
- Automatizirana – svi poslovi u skladištu se obavljaju automatizirano dok su zaposlenici prisutni samo u slučaju potrebe. Upravljanje skladišnim procesima i operacijama obavlja se elektroničkim načinom putem računala. Računalna tehnologija omogućuje ekonomičnu upotrebu prostora i znatno manje troškove radne snage. Negativna strana automatizirani skladišta je cijena opreme i nefleksibilnost.
- Robotizirana skladišta – nisu u velikoj mjeri rasprostranjena kao prethodno navedena skladišta. Podrazumjevaju rad robota koji obavljaju sav posao a prati ga se računalno putem video kamera. Kao i kod automatiziranih skladišta problem čini visoka cijena opreme i nefleksibilnost sustava.

⁹ Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008

2.2. Automatizirana skladišta

Kako je već navedeno skladišta se mogu podijeliti prema stupnju automatizacije na nisko mehanizirana, visoko mehanizirana, automatizirana i robotizirana. Automatizacija u skladišnom poslovanju započela je sredinom 20 stoljeća.¹⁰ Ova tehnologija omogućava ekonomičnu uporabu skladišnog prostora i znatno manje troškove radne snage u odnosu na skladišta koja se oslanjaju na primjenu viličara za komisioniranje. Automatizirana skladišta djeluju brzo, točno i sigurno. Najveći nedostatak automatizacije su vrlo visoki investicijski troškovi i zahtjevi za specijaliziranim kadrovima.¹¹

Automatizirana skladišta se mogu sastojati od više različitih podsustava ili opreme. Najčešće se koriste sljedeće komponente:¹²

- Regali za uskladištenje
- Transportni uređaji (viličara, konvejera, AGV-a, automatizirani uređaji)
- Pomoćni uređaji (barkod skener, vaga za mjerenje mase, laserski skeneri za mjerenje dimenzija)
- Računalni program za upravljanje sustavom.
- Kompletni automatizirani regali (kao što su horizontalni i vertikalni karuseli)
- Ostala oprema i uređaji.

U računalni sustav spadaju kontrolni program za upravljanje automatiziranim uređajima i program za planiranje i kontrolu operacija. Ovaj sustav se povezuje sa ERP/MRP sustavom skladišta (poduzeća) te se na temelju njega daju radne instrukcije automatiziranom uređaju, transportnim sredstvima i pomoćnim uređajima kao i operaterima u skladištu ako ih ima... Tehnološki i ekonomski aspekti utječu na tehnički dizajn i operacije u skladištu te u mnogim slučajevima nude mogućnost za automatizaciju. Zahtjevi se razlikuju od skladišta do skladišta ali ciljevi koji se žele postići su identični:

- Poboljšana učinkovitost sustava (povećanje stope prekrcaja, kraće vrijeme narudžbe)
- Osiguranje kvalitete (kontinuirana kvaliteta proizvoda i procesa, poštivanje rokova)
- Financijske uštede
- Smanjeni naponi skladišnih radnika.¹³

¹⁰ https://whitman.syr.edu/programs-and-academics/academics/scm/pdf/Symbotic_Infographic_1116121.pdf

¹¹ Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008

¹² <http://www.ijitee.org/attachments/File/v1i5/E0282091512.pdf>

Osnovni razlozi za automatizaciju skladišta su:

- Povećanje kapaciteta skladišta
- Povećanje gustoće skladištenja
- Povećanje ukupne iskoristivosti prostora
- Povećanje sigurnosti u radu i smanjenje štete na robi
- Povećanje produktivnosti
- Smanjenje udjela fizičkog rada zaposlenika
- Poboljšanje kontrole inventara
- Poboljšanje obnavljanja zaliha
- Unaprjeđenje usluga kupcima i kvalitete
- Povećanje dostupnosti i transportnih puteva.¹⁴

Automatizirana skladišta projektiraju se namjenski za skladištenje različitih vrsta artikala. Sustavi rade prema principu “roba ka čovjeku”, osim automatiziranog skladišta za komisioniranje (eng. man on board ili person on board automated storage and retrieval system) koji radi na principu “čovjek k robi“. Pohranjene skladišne jedinice se lociraju na lokacijama automatski. Transport se odvija pomoću samostalnih automatiziranih dizalica i transportnih sustava. Upravljanje sustavom i vođenje transakcija ulaza i izlaza robe izvodi se pomoću računala.

¹³ Ten Hompel, M., Schmidt, T.: Warehouse management, Automation and organisation of Warehouse and order picking systems, Springer, Berlin, 2007, str. 137

¹⁴ Obad, E.: Automatizirani skladišni sustavi za komisioniranje, Završni zadatak, FSB, 2010.

3. Sustavi za automatiziranu pohranu i komisioniranje

Automatizirani sustavi za pohranu i dohvat robe (eng. Automated Storage and Retrieval System - AS/RS) od svog nastanka 1950-ih godina postaju jedan od glavnih alata korištenih za rukovanje robom i kontrolom zaliha u skladištima. U današnje vrijeme su u širokoj primjeni u automatiziranoj proizvodnji i distribucijskim centrima te mogu imati značajnu ulogu u integriranim proizvodnim pogonima kao i u modernim tvornicama. AS/RS pruža poboljšanu kontrolu zaliha i bolje iskorištenje vremena, prostora i opreme.

AS/RS se može definirati kao kombinacija razne opreme i kontrolnih uređaja koji automatski rukuju, skladište i izuzimaju robu velikom brzinom i točnošću, bez direktnog utjecaja ljudi.¹⁵ Ovom definicijom se označava veliki broj sustava sa različitim stupnjem kompleksnosti i kapaciteta.

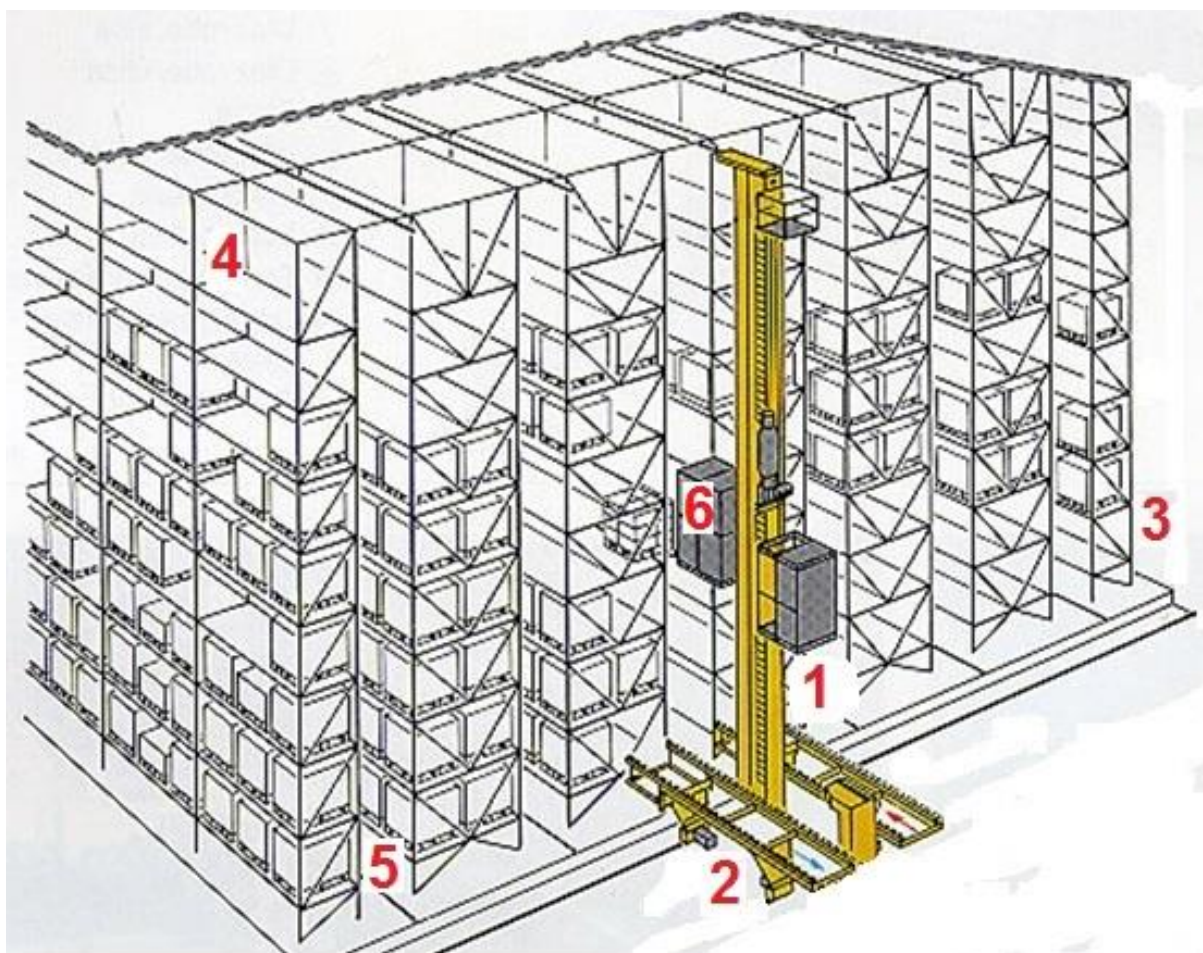
Preciznije, AS/RS se definira kao jedan tip sustava koji se sastoji od jednog ili više prolaza između regala, AS/RS uređaja ili dizalice, ulazno-izlazne platforme, središnjeg nadzornog računala i komunikacijskog sustava.¹⁶

Za skladištenje se koriste standardne regalne konstrukcije, koje po potrebi mogu biti ojačane a prilagođene su vrsti robe koja se skladišti. AS/RS uređaj, odnosno dizalica koja prenosi robu od ulazno-izlazne platforme do lokacije uskladištenja u regalu samostalno se kreće, transportira robu do/od lokacije uskladištenja sa ulazno-izlazne platforme. Prolazi su formirani praznim prostorom između regala u koje je postavljena tračnica po kojoj se kreće AS/RS uređaj. Ulazno-izlazna platforma je mjesto s koje dizalica uzima ulaznu robu i nosi je do mjesta uskladištenja i mjesto na koje se donosi roba koja izlazi iz regala. Neki od sustava imaju i pozicije za komisioniranje na početku prolaza gdje radnici uzimaju određenu količinu artikala iz izuzete robe koja se zatim vraća u regal na uskladištenje.¹⁷ Tipičan AS/RS sustav prikazan je na slici 4 te su navedene sve pripadajuće komponente.

¹⁵ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 162.

¹⁶ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 162.

¹⁷ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 163.



Slika 4 Prikaz visokoregalnog automatiziranog sustava sa pripadajućim komponentama

Izvor:

http://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/5451/mod_resource/content/0/Predavanja/Predavanja_iz_komisioniranja.pdf

Komponente visokoregalnog automatiziranog sustava sa slike 4:

1. AS/RS uređaj (dizalica)
2. Prekrcajna platforma (ulazno/izlazna platforma, stanica)
3. Regali za pohranu
4. Lokacija pohrane u regalu
5. Prolaz između regala za AS/RS uređaj
6. Manipulativna jedinica – paleta.¹⁸

¹⁸ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 203.

AS/RS sustavi dolaze u više veličina i vrsta. Ukratko, svi rade po sljedećem principu: dolazna roba se sortira i njoj se dodjeljuje jedinica za rukovanje, paleta ili kutija, zatim roba prolazi kroz sustav koji važe robu kako bi se provjerilo da je jedinica tereta unutar nosivosti dizalice. Za paletne jedinice tereta također se provjeravaju i dimenzije tereta. Roba koja zadovoljava navedene uvjete transportira se do ulazno-izlazne platforme te se informacije o robi prenose u središnji računalni sustav. Isti taj sustav zatim toj robi dodjeljuje skladišnu poziciju u regalu te tu informaciju pohranjuje u svoju memoriju. Dizalica zatim prenosi robu do navedene pozicije. Kada u sustav stigne zahtjev za tom robom računalo u memoriji pronalazi njegovu lokaciju te šalje naredbu dizalici da je dostavi iz pozicije u regalu na ulazno-izlaznu rampu. Dalje se roba transportira prema konačnom odredištu unutrašnjim transportom.¹⁹

Prema veličini i volumenu kojim se rukuje možemo razlikovati nekoliko vrsta AS/RS sustava. Razlikuju se i prema metodama pohrane kao i prema komunikaciji čovjeka sa AS/RS uređajem.²⁰

1. Automatizirano visokoregalno skladište (eng. Unit load AS/RS)
2. Automatizirano skladište za male dijelove (eng. Mini-load (micro-load) AS/RS)
3. Automatizirano skladište za komisioniranje (eng. Man on board AS/RS)
4. Automatizirano skladište s regalima višestruke dubine (eng. Deep lane AS/RS)

Unit load je najčešće veliki automatizirani sustav konstruiran za rukovanje jediničnim teretima na paletama. Sustav je upravljan putem računala a AS/RS uređaj je automatiziran i prilagođen jedinicama tereta. Ova vrsta sustava je „originalna“ dok su ostale vrste razvijene i prilagođene zahtjevima korisnika.

Mini-load AS/RS je u principu umanjen verzija unit load sustava te je namjenjena rukovanju robe manjih dimenzija koja je pohranjena u manjim posudama, ladicama ili kutijama. Princip rada je identican kao i kod unit load sustava osim što se koriste različite tehnike i uređaji za dohvat robe iz regala.

¹⁹ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 164.

²⁰ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 164.

Man on board AS/RS predstavlja rješenje za izuzimanje pojedinačnih artikala sa lokacije uskladištenja u regalu. AS/RS dizalica posjeduje kabinu u kojoj se vozi radnik te on ručno uzima potrebne artikle.

Deep lane AS/RS je sustav sličan unit load sustavu ali koristi drugačije regale te je visoke gustoće skladištenja. Sustav je sposoban pohraniti veliki broj zaliha ali relativno mali broj vrsta zaliha. Sa svake strane prolaza nalaze se regali u koje se može pohraniti roba duboko u regal.

Osim navedenih sustava kao dio automatiziranih skladišta podrazumjevaju se horizontalni i vertikalni karuseli koji rade po principu „roba čovjeku“. Skladišni sustavi sa karuselima sastoje se od niza posuda ili spremnika za pohranu koji su pričvršćeni za rotirajuću strukturu regala te na zahtjev komisionera traženi artikl, tj. spremnik u kojem se nalazi odabrani proizvod, se dostavlja na radno mjesto.²¹

Svaka od izvedbi AS/RS sustava ima svoje karakteristike što se tiče pohrane robe i manipulacije istom. Princip rada je sličan kod svih sustava kao i prednosti odnosno nedostaci automatiziranih sustava u odnosu na konvencionalna skladišta.

Prednosti:

- Povećana iskoristivost skladišnog prostora
- Povećana kontrola zaliha i praćenje zaliha
- Smanjenje troškova ljudskog rada
- Povećanje sigurnosti na radu
- Povećana zaštita materijala/robe
- Točnost operacija
- Automatizacija opasnih i teških poslova u skladištu
- Jednostavno i brzo održavanje sustava kroz modularni dizajn komponenti

²¹ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 165.

Nedostaci:

- Visoki investicijski troškovi
- Povećani zahtjevi održavanja
- Povećani zahtjevi za tolerancije
- Nefleksibilnost sustava.²²

Računalni sustav za upravljanje AS/RS uređajima i operacijama u skladišnom dijelu je dio WMS sustava (Warehouse Management System) koji upravlja radom cijelog skladišta. Povezuje se sa raznim programima nužnih za osiguranje proizvodnje, nabave i kontrole zaliha te djeluje sukladno zahtjevima koje ti programi zaprime.

Roba koja ulazi u sustav se skenira (najčešće se koriste bar kod skeneri) kako bi se odredio sadržaj teretne jedinice. Identifikacija robe je primarna zadaća automatske identifikacije AS/RS sustava. Ti podaci se spremaju u središnju računalnu jedinicu koja istovremeno prema karakteristikama robe dodjeljuje skladišnu lokaciju za tu robu. Te informacije se šalju do AS/RS uređaja kao i do transportnih sredstava koja transportiraju tu robu na ulazno/izlaznu platformu.

Ovisno o načinu pohrane, računalo određuje prvu slobodnu lokaciju u regalu, prvu slobodnu lokaciju u određenom dijelu regala ili dodjeljuje poziciju prema drugim kriterijima. Ti podaci spremaju se u memoriju računala kako bi bili dostupni WMS-u kada stigne zahtjev za pohranjenom robom. Tada računalo ponovno šalje naredbu određenom AS/RS uređaju da donese traženu robu na ulazno/izlaznu platformu a podaci o količini robe u regalu se ažuriraju.²³

Kao sastavni dio AS/RS sustava dolaze i razni uređaji smješteni unutar zone za pohranu ili drugdje u skladištu kao što je npr. uređaj za mjerenje mase kojim se kontroliraju palete koje ulaze u skladišni dio da njihova težina ne prelazi maksimalnu nosivost AS/RS uređaja. Uređaj za mjerenje dimenzija tereta kao i same palete kako nebi došlo do zastoja u radu. Koriste se razni skeneri kao što su bar kod skeneri koji očitavaju jedinstvene bar kodove na robu te na taj način sustav prepoznaje o kojoj se robi radi i što se s njom sljedeće treba napraviti. Skeneri na dizalici omogućavaju sigurnu manipulaciju teretom. Oni su zaduženi za

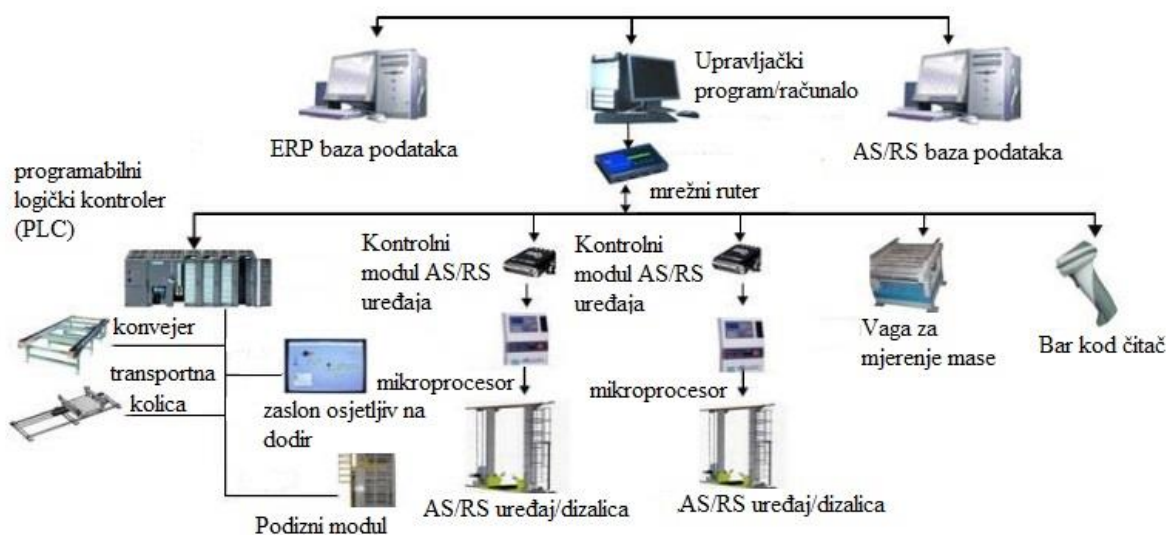
²² <http://www.inc.com/encyclopedia/automated-storage-and-retrieval-systems-as-rs.html>

²³ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 166.

kontrolu palete i robe na paleti koju prenosi AS/RS uređaj. Moguća je i vizualna kontrola čitavog sustava putem kamera instaliranih na raznim mjestima u skladištu.

Upravljački računalni sustav se sastoji od sljedećih modula i podsustava (od kojih svaki sadrži povezane potprograme):²⁴

- Glavni kontrolni modul
- AS/RS kontrolni modul
- PLC kontrolni modul
- Pomoćni kontrolni modul
- Sustav vizualnog nadzora i prikaz modula



Slika 5 Struktura upravljačkog sustava AS/RS-a

Izvor: <http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/201002/12651104023pabdkje.pdf>

Na slici 5 je prikazana struktura upravljačkog sustava skladišta programa koji upravlja radom AS/RS-a. AS/RS uređaji dobivaju naredbe od središnjeg upravljačkog računalnog sustava koji je mrežnim ruterom povezan sa uređajima za identifikaciju robe, uređajima za mjerenje i programabilnim logičkim kontrolerom (PLC) AS/RS sustava. PLC šalje naredbe transportnim uređajima među kojima su i AS/RS uređaji koji zatim obavljaju zadanu naredbu o pohrani ili dohvatu tražene robe. Podaci o količini robe koja se trenutno nalazi u skladištu nalazi se u bazi podataka u koju uvid ima program za kontrolu i nabavu zaliha.

²⁴ Xu Xusong, Xiong Hongbin Department of Management science and Engineering Economics and Management School of Wuhan University, str. 686.

4. Izvedbe AS/RS sustava

Kako je već navedeno postoji nekoliko vrsta sustava te će se u ovome poglavlju analizirati najčešće korištene izvedbe. Princip rada ovih sustava uglavnom je isti, a razlikuju se po nosivosti dizalica, načinu na koji se roba izuzima iz regala i dimenzijama jedinica koje se skladište pa su tako i regali prilagođeni tim jedinicama.

Iako se po karakteristikama ne svrstavaju u tipične AS/RS sustave u radu će se obraditi horizontalni i vertikalni karuseli i vertikalni podizni moduli koji su jedna vrsta automatizirane skladišne opreme koji funkcioniraju po principu „roba čovjeku“ a uglavnom su namjenjeni na robu manjih dimenzija i sitnu robu.

4.1. Automatizirano visokoregalno skladište (Unit load AS/RS)

Unit load AS/RS je tip automatiziranog sustava za skladištenje koji je namjenjen za teže/veće terete koji su smješteni na paletama ili u plastičnim, drvenim ili metalnim sanducima. Također je moguće, ako se radi o nekim velikim teretima, da se njime rukuje i bez sredstva za oblikovanje jediničnog tereta, npr. kolutovi papira, lima, kablova itd. Ovakvi sustavi mogu manipulirati teretima čak i do 3.000 kg, a najčešće su konstruirani za terete mase oko 1.500 kg. Ovakav način automatskog pohranjivanja i izuzimanja nudi potpuno automatizirano rješenje na relativno malom prostoru. Skladišni dio ovakvog sustava se izvodi kao visokoregalno skladište. Visina regala u ovakvom tipu skladišta može biti i do 50 metara, ali kao najčešći se pojavljuju do 30 metara visine, a duljina prolaza može biti i do 290 metara.²⁵

Širina prolaza između regala unutar skladišta određuje se po vrsti tereta koja se skladišti. Ako se radi o paletiziranoj robi u tom slučaju će širina prolaza biti malo veća od širine palete koja se koristi (oko 10 cm sa svake strane palete) te je to razlog zbog kojeg je potrebno pažljivo planiranje i inženjerska stručnost pri izradi ovakvog sustava. Jedinice koje

²⁵ http://www.cisco-eagle.com/material-handling-systems/asrs-systems/unit_load

putuju i nose teret često rade na brzinama koje su mnogo veće od brzina standardnih viličara i mogu dosegnuti daleko veće visine i od najsofisticiranijih industrijskih podizača.²⁶

Brzine kretanja dizalica ovise o samoj konstrukciji dizalice, odnosno njenoj nosivosti a kreću se:

horizontalna: 1,8 – 4 m/s

vertikalna: 0,3 – 1,3 m/s.²⁷

Osnovne komponente sustava:

- dizalica
- regali
- prekrcajna mjesta ili ulazno/izlazna platforma
- protupožarni sustav
- ostalo

Kod ovakvih sustava prekrcajna mjesta mogu biti fiksna ili sa konvejerima. Kod fiksne izvedbe prekrcajnog mjesta teret se dovozi ili odvozi pomoću manipulacijskog sredstva, najčešće viličara ili ako je skladište visokog stupnja automatizacije mogu se koristiti i automatski navođena vozila. Lokacija i broj prekrcajnih mjesta ovisi o izvoru dolaznih tereta i odredištu odlaznih tereta.

Dok kod prekrcajnog mjesta s konvejerima teret se dovozi ili odvozi do drugog dijela skladišta nizom raznih povezanih konvejera. U skladištima gdje se vrši i komisioniranje robe najčešće se koristi kombinacija raznih konvejera kojima se roba iz skladišnog dijela prenosi do dijela za komisioniranje te se slažu pošiljke iz više jediničnih tereta koji se zatim, nakon što je iz njega izuzet određeni dio, vraća u skladišni dio pomoću konvejera.²⁸

²⁶ http://www.cisco-eagle.com/material-handling-systems/asrs-systems/unit_load

²⁷ http://www.systemlogistics.com/usa/storage-system_pallet-asrs.php

²⁸ http://www.systemlogistics.com/usa/storage-system_pallet-asrs.php

Tablica 1 Karakteristike različitih unit load sustava

<i>DEMATIC</i>	SR-U1000/1	SR-U1200/1	SR-U1500/1	SR-U1000/2
Konstrukcija dizalice	Jedan kran	Jedan kran	Jedan kran	Dva krana
Maksimalan doseg	10 m	30 m	46 m	24 m
Maksimalna nosivost	1000 kg	1200 kg 1500 kg	1500 kg 2000 kg	1000 kg 1200 kg
Brzine:				
horizontalna	3.83 m/s	4 m/s	4 m/s	2.7 m/s
vertikalna	0.4 m/s	1.42 m/s	1.5 m/s	1 m/s
Akceleracija:				
horizontalna	0.52 m/s ²	0.78 m/s ²	0.52 m/s ²	0.52 m/s ²
vertikalna	0.7 m/s ²	1.3 m/s ²	1.3 m/s ²	0.65 m/s ²
Širina prolaza	1200 mm	1200 mm	1550 mm	1500 mm
Uređaj za dohvata tereta	Prilagođen paletama, spremnicima raznih veličina i slično			

Izvor: <http://www.dematic.com/>

U tablici 1 su prikazane karakteristike različitih unit load sustava. Maksimalna visina podizanja dizalica ovog proizvođača je 46 metara. Konstrukcija krana za podizanje na tu visinu zahtjeva širinu prolaza od 1,55 m. Kranovi za manje visine i nosivosti do 1,5 t zahtjevaju širinu prolaza od samo 1,2 m ili se širina prolaza određuje prema širini skladišne jedinice ukoliko je ona šira od 1,2 metra. Brzine kretanja dizalica su identične osim u slučaju izvedbe dizalice sa dva krana koja je sporija zbog masivnije građe dizalice što predstavlja dodatno opterećenje.

4.2. Automatizirano skladište za male dijelove (Mini-load AS/RS)

Mini-load AS/RS je umanjena verzija unit load AS/RS sustava namjenjen manipuliranju teretima lakšima od 500 kilograma koji su smješteni u plastičnim ili kartonskim kutijama, posudama, ladicama, pladnjevima ili nekim sličnim spremnicima. Neki proizvođači ovih sustava koriste termin „mini-load AS/RS“ za opisivanje sustava namjenjenog manipuliranju tereta od 50 kg do 500 kg a termin „micro-load AS/RS“ koriste za one sustave koji manipuliraju teretima lakšima od 50 kg. Dok ostali proizvođači jednostavno sve te sustave zovu mini-load AS/RS.²⁹

Mini-load AS/RS sustav radi na identičnom principu kao i unit load sustav samo koristi različite tehnike za dohvaćanje tereta sa mjesta odlaganja u regalu, kao što je korištenje robotske ruke ili vakuumske pumpe. Mini-load sustav uglavnom nema fiksno prekrcajno mjesto već se jedinice izvlače iz regala te donose do konvejera koji dalje tu jedinicu šalju do zone za komisioniranje. Radnik iz kutije, ladice, posude itd. uzima određeni dio koji je potreban za formiranje pošiljke a ostatak robe u spremniku se šalje natrag u skladišni dio pomoću drugog niza konvejera.

U drugom slučaju zona komisioniranja može biti smještena odmah pored prekrcajnog mjesta gdje se nalazi radnik koji šalje naredbu dizalici koji proizvod mu je potreban. Nakon što spremnik s traženim proizvodom stigne iz njega izuzme određenu količinu proizvoda vraća spremnik na ulazno/izlaznu stanicu odakle dizalica spremnik prenosi i smješta na isto mjesto od kuda je paket i izuzet te ponavlja taj postupak dok se ne formira određena pošiljka. Na ovaj način se uklanja nepotreban hod radnik od jedne skladišne lokacije do druge.

Mini-load AS/RS sustavi se međusobno razlikuju po vrsti spremnika u koje se roba sprema. Već je navedeno da to mogu biti kutije, posude, ladice ili pladnjevi i sl.

²⁹ <http://www.agilistics.com.au/newsletter/links/Automatedstorageandretrievalsystem.pdf>

Specifikacije nekih od mini-load AS/RS sustava jednog od proizvođača.

- Specifikacije sustava skladišta za plastične kutije:

Dimenzije kutija: od 300 x 400 mm do 600 x 400 mm

Maksimalna dopuštena težina do 50 kg

- Skladište za kartonske kutije:

Dimenzije kutija: od 300 x 400 mm do 600 x 400 mm

Maksimalna težina ovisi o zahtjevima kupaca

- Skladište za pladnjeve:

Dimenzije: 600 x 400 mm

820 x 630 mm

1200 x 800 mm

Maksimalna težina do 250 kg³⁰

Regali u skladišnom djelu mogu biti izvedeni kao jednostruki, dvostruki ili trostruki, ovisno o jednicama koje se skladište i njihovoj masi. Tehnike izvlačenja jedinica iz regala mogu se razlikovati ovisno o zahtjevima kupaca a najčešće se koriste robotske ruke. Dimenzije skladišta također se razlikuju od korisnika do korisnika a mogu se kreteti sve do 100 metara dužine i 12 metara visine skladišnog prostora.³¹

Vrijednosti kojima se kreće dizalica kod mini-load AS/RS sustava iznose od 5 do 6 m/s za horizontalnu brzinu i 3 m/s za vertikalnu brzinu odnosno podizanje tereta, dok akceleracija iznosi oko 3 m/s².

³⁰ http://www.cisco-eagle.com/material-handling-systems/asrs-systems/mini_load

³¹ <http://www.agilistics.com.au/newsletter/links/Automatedstorageandretrievalsystem.pdf>

Tablica 2 Karakteristike različitih mini-load sustava

<i>DEMATIC</i>	SR-M50/1	SR-M100/1	SR-M200/2	SR-M300/1	SR-M300/2
Konstrukcija dizalice	Jedan kran	Jedan kran	Dva krana	Jedan kran	Dva krana
Maksimalan doseg	10 m	14 m	18 m	14 m	20 m
Maksimalna nosivost	50 kg	50 kg	50 kg	340 kg	340 kg
Brzine:					
horizontalna	4 m/s	6 m/s	6 m/s	3.8 m/s	4 m/s
vertikalna	2 m/s	3 m/s	3 m/s	1.3 m/s	3 m/s
Akceleracija:					
horizontalna	5.7 m/s ²	5.2 m/s ²	3.5 m/s ²	1.3 m/s ²	1.95 m/s ²
vertikalna	3.0 m/s ²	2.7 m/s ²	2.7 m/s ²	1.3 m/s ²	2.6 m/s ²
Širina prolaza	750 mm	850 mm	850 mm	1000 mm	850 mm
Uređaj za dohvrat spremnika	Prilagođen za pladnjeve, posude, ladice, kutije i slično				

Izvor: <http://www.dematic.com/>

Tablica 2 prikazuje karakteristike mini-load sustava. Maksimalna visina podizanja je 20 metara a maksimalna nosivost dizalice je 340kg. Kod nekih proizvođača sustavi maksimalne nosivosti do 500kg spadaju u mini-load sustave. Širine prolaza kreću se od 0,75m do 1 metra što ovisi o vrsti proizvoda i spremnika kojima manipuliraju. Maksimalan doseg dizalice u visinu iznosi do 20 metara. Brzine kojima se kreću dizalice veće su u odnosu na unit load sustave a kreću se do 6 m/s za horizontalno kretanje i do 3 m/s za vertikalno kretanje. Ovisno o spremnicima u koje se skladište proizvodi dizalica može biti opremljena različitim uređajima za dohvrat spremnika.

4.3. Automatizirano skladište za komisioniranje (Man on board AS/RS)

Man on board AS/RS (često se naziva i person on board AS/RS) je sustav komisioniranja po principu „čovjek k radi“. Poluautomatizirani sustav odlaganja i izuzimanja s čovjekom na dizalici za ručno uskladištenje i izuzimanje unutar prolaza između visokih poličnih i paletnih regala. Između regala, u prolazima, se koristi poluautomatizirana dizalica koja ima i kabinu za operatera koji njome upravlja ručno ili je podešena na automatsko upravljanje.³² Ovakav sustav omogućuje pohranu robe u manjoj količini u odnosu na unit – load sustav. A koristi se na područjima gdje su cijene zemljišta, odnosno najma skladišta, jako visoke.³³

Operater se vozi u kabini dizalice te prikuplja pojedinačna pakiranja sa paleta ili spremnika koji su uskladišteni na regalima. Ovakav sustav dopušta prikupljanje pojedinačnih pakiranja direktno sa njihovih skladišnih lokacija na regalima. Nije potrebno cijelu paletu izuzimati iz skladišnog prostora već samo određeni dio robe sa palete koji je potreban za sastavljanje pošiljke. To pruža mogućnost povećanja propusnosti sustava. Kada operater odabere potrebnu robu sa paleta i stavi ih na platformu dizalice je prenosi na kraj prolaza do mjesta za ulaz i izlaz robe gdje se dalje prenosi konvejerima do svog odredišta a operater sa dizalicom realizira sljedeću narudžbu na isti način.³⁴

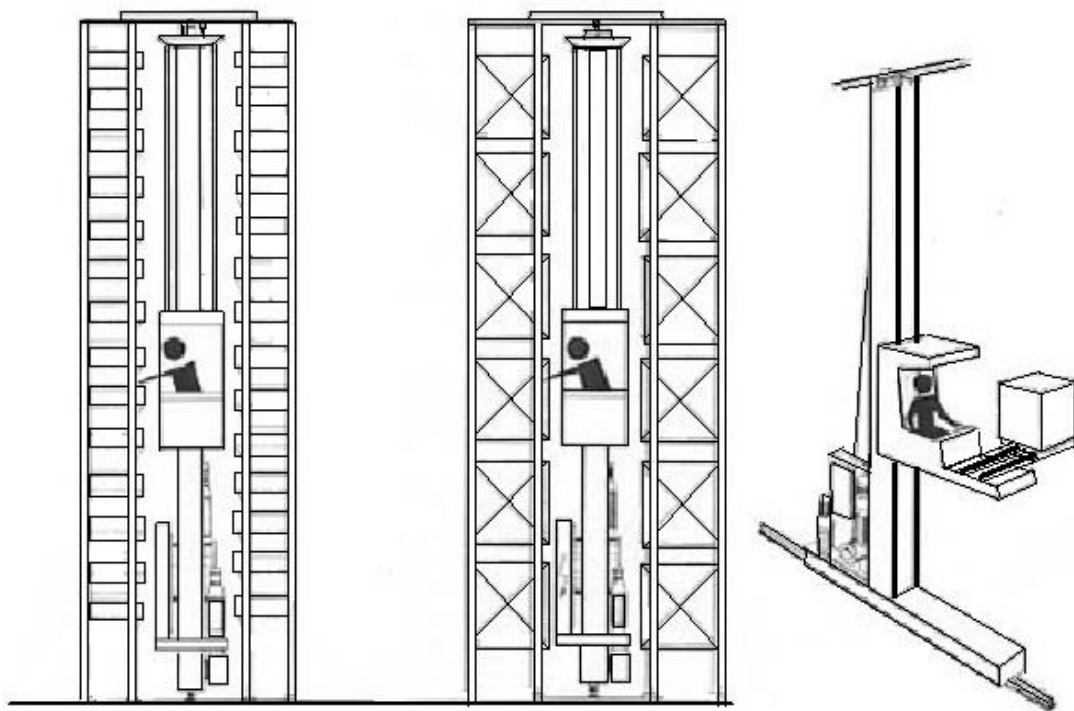
Man on board sustavi su skuplji od ostalih AS/RS tipova sustava jer su kompleksnije izvedbe ali su i fleksibilniji zbog prisutnosti operatora koji ručno upravlja pojedinim operacijama AS/RS sustava.³⁵

³² <http://www.ise.ncsu.edu/kay/mhetax/StorEq/index.htm>

³³ <http://www.answers.com/topic/automated-storage-and-retrieval-system>

³⁴ <http://www.ignou.ac.in/upload/Unit4-55.pdf>

³⁵ <http://www.thomasnet.com/articles/materials-handling/automated-storage-retrieval-systems>



Slika 6 Automatizirano skladište za komisioniranje (Man on board AS/RS)

Izvor: http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_8.pdf

Na slici 6 su prikazane različite izvedbe ovakvog man on board sustava. Sustavi se uglavnom razlikuju po tome za koju vrstu tereta su namjenjeni. Mogu se koristiti za komisioniranje čitavih paleta (bez mjenjanja sadržaja paletne jedinice), za komisioniranje manjih pojedinačnih pakiranja koja su smještena na paletama ili za neke male proizvode koji su smješteni u regalima u većim skladišnim jednicama te je iz nekoliko pakiranja potrebno izuzeti određeni broj proizvoda kako bi se sastavila pošiljka..

4.4. Automatizirano skladište s regalima višestruke dubine (Deep lane AS/RS)

Deep lane AS/RS sustav ima visok stupanj iskorištenja skladišnog prostora te je namjenjen za pohranu velikog broja zaliha ali je pogodan samo u slučaju malog broja vrsta proizvoda. Naime, ukoliko se u jedan red na regalu slaže više različitih proizvoda tada je potrebno pomaknuti sve proizvode koji se nalaze ispred traženog proizvoda što zahtijeva dodatne manipulacije. Iz tog razloga za deep lane sustave je važno da se skladište isti proizvodi u jedan red kako bi se izbjegle dvostruke manipulacije s robom. Skladišne jedinice se kod ovog sustava slažu u redove jedna iza druge, a broj jedinica koje se mogu složiti ovisi o samoj konstrukciji regala u skladištu a iznosi od 10 na više jedinica. AS/RS dizalica za manipulaciju teretnim jedinicama je ista kao i kod unit – load sustava, razlika se očituje u regalima za skladištenje tih jedinica koji mogu biti izvedeni na dva načina pa se razlikuju dvije verzije deep lane AS/RS sustava:

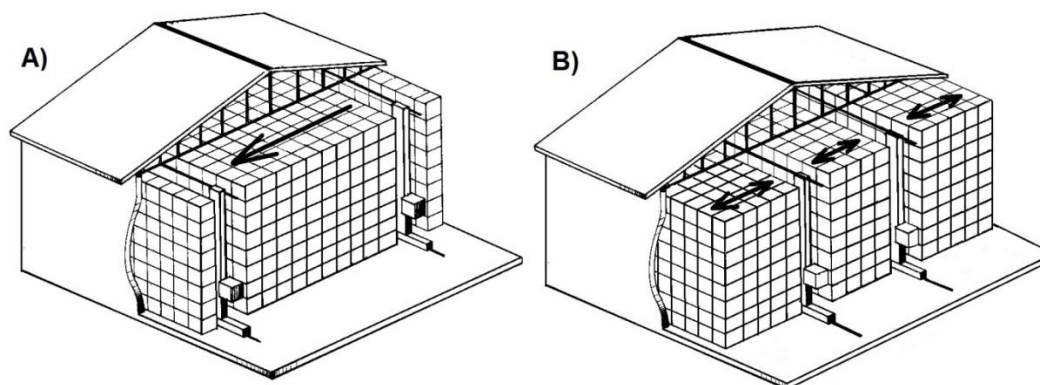
- gravitacijski
- shuttle cart³⁶

Kod gravitacijskog deep lane AS/RS sustava ulaz i izlaz za skladišne jedinice se nalaze na različitim stranama regala koji su izvedeni pod nagibom, odnosno kutom kako bi se jedinica mogle kreteti pod utjecajem gravitacijske sile. Na ulaznoj strani as/rs dizalica donosi teret te ga smješta u red na regalu te se zatim jedinica pomoću gravitacije kreće prema izlaznoj strani sve do prve sljedeće jedinice u tom redu. Kada se iz reda izuzme jedinica najbliža izlazu, ostale jedinice se pomiču prema naprijed kako bi popunile prazno mjesto.

Druga verzija deep lane sustava koristi kolica (shuttle cart) za prijenos jedinica tereta u regalima pa nije potrebno da regali budu izvedeni pod nagibom jer kolica imaju vlastiti pogon. Još jedna razlika je da se ulaz i izlaz za teretne jedinice na/sa regala nalaze na istoj strani (uglavnom u sredini između regala) a rijetko se nalaze na suprotnim stranama.

³⁶ http://www.fsb.unizg.hr/atlas/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_8.pdf

Ovaj sustav koristi kolica kojima se teret, kada se dopremi do određenog reda u regalu pomoću dizalice, prenosi do sljedećeg slobodnog mjesta u tom istom redu. Na isti način se skladišna jedinica izuzima iz reda i prenosi do dizalice koja ju prenosi do prekrcajnog mjesta koje je izvedeno na isti način kao i kod unit - load sustava.



Slika 7 Deep lane AS/RS regali

Izvor: <http://www.indiamart.com/spacemagnum/stopick-as-rs.html>

Slika 7 prikazuje dvije verzije deep lane regala. Prva verzija koristi gravitacijske regale u središnjem dijelu skladišta za pomicanje tereta s jedne strane prema drugoj pa se tako jedan uređaj koristi za uskladištenje robe a drugi za izuzimanje. Iznimka je kada se manipulira robom koja se nalazi u regalima sa strane koji su obični regali. Druga verzija koristi kolica za prijenos robe po regalu. AS/RS uređaj donese robu do lokacije na regalu (početne lokacije reda) od kuda se dalje pomoću kolica prenosi do skladišne lokacije na regalu.

Kod deep lane sustava koji koristi kolica za prijenos teretnih jedinica važne su i karakteristike tih kolica koje se mogu po potrebi prilagoditi pojedinoj vrsti teretnih jedinica odnosno potrebama korisnika. Tako postoje sljedeće važne karakteristike kolica (proizvođač: TSP group):

- dimenzije tereta: 1200 x 1200 x 1700 mm
- najveća dopuštena masa tereta: 1500kg
- dimenzije kolica: 1050 x 1850 x 274 mm
- brzina kolica: do 3 m/s
- uređaj za pozicioniranje: laserski senzor
- napajanje: preko vodilica regala
- optički modem.³⁷

³⁷ <http://www.youtube.com/watch?v=TYbxHBZ8KDk>

4.5. Posebne izvedbe AS/RS sustava

Posebne izvedbe sustava za skladištenje i izuzimanje razlikuju se po materijalu koji se skladišti. To mogu biti skladišta za opasne tvari, skladišta sa reguliranom temperaturom za osjetljivu robu ili za robu velikih i nestandardnih dimenzija primjerice drvenih trupaca, metalnih ploča itd. Princip rada sustava je identičan kao i kod osnovnih verzija AS/RS sustava.

AS/RS za skladištenje opasnih tvari: ovi sustavi su dizajnirani za rukovanje robom u petrokemijskoj, biomedicinskoj i ostalim granama industrije gdje je velika opasnost od eksplozija i požara. Sama uloga sustava za skladištenje je zaštita radnika na način da se smanji direktni kontakt sa opasnom robom. Skladištiti se mogu krute zapaljive tvari, tekuće zapaljive tvari kao i ostala potencijalno opasna roba.

AS/RS sustav za komdicioniranu robu: u ovoj vrsti skladišta iznimno je važna površina skladišnog prostora. Kako bi cijena skladištenja bila što manja potrebno je smanjiti troškove održavanja potrebne temperature u skladištu, odnosno maksimalno povećati korisni skladišni prostor u samom skladištu. Visokom gustoćom skladištenja koje pružaju AS/RS sustavi postiže se upravo to. Sustavi mogu pouzdano funkcionirati na temperaturama od minus 30° te održavati svježinu proizvoda. Sustav uključuje i toplinsku izolaciju automatskih vrata kontroliranih mehaničkom blokadom koja održavaju traženu temperaturu u skladišnom prostoru.

AS/RS za terete velikih dimenzija: idealni su za teške terete poput metalnih ploča, preradu drva, teške proizvodne pogone i skladišta sa rolanim proizvodima. Ovakvom vrstom robe se može bolje upravljati putem automatiziranih sustava, visoke gustoće skladištenja sa maksimalnim dozvoljenim opterećenjem sustava od pet tona.³⁸

³⁸ http://www.cisco-eagle.com/material-handling-systems/asrs-systems/unit_load

4.6. Komponente AS/RS sustava

U ovom potpoglavlju će se obraditi vrste regala za pohranu, izvedbe AS/RS uređaja i lokacije ulazno/izlaznih platformi. Kako sve od navedog primarno ovisi o vrsti AS/RS sustava koji se koristi obraditi će se komponente za unit load sustav.

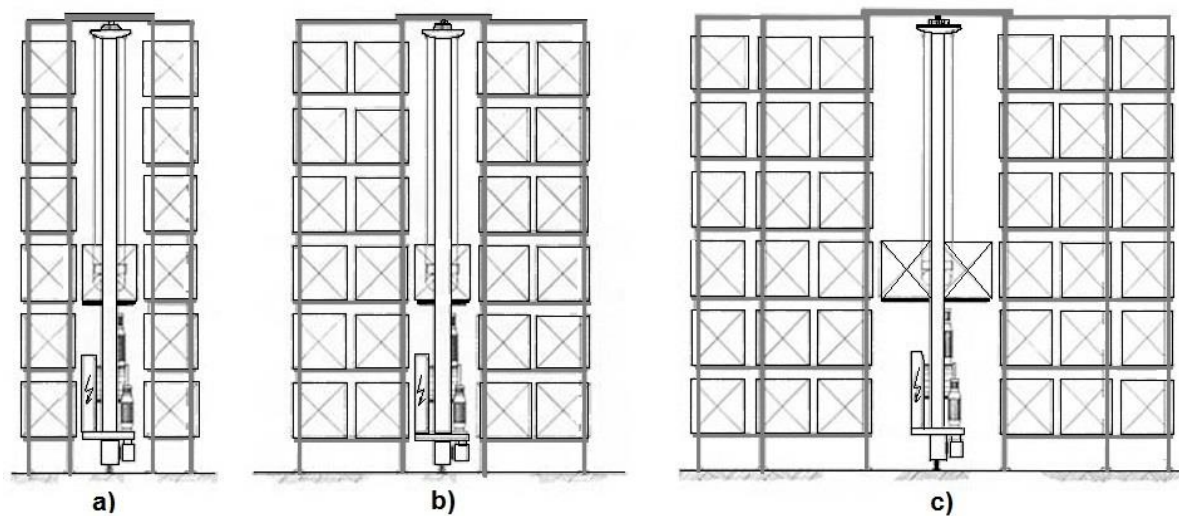
4.6.1. Regali za pohranu

Regali koji se koriste za pohranu robe u automatiziranim sustavima ne razlikuju se od standardnih visokoregalnih sustava u konvencionalnim skladištima. Prilagođeni su robi koja se skladišti i vrsti uređaja za pohranu i dohvaćanje robe. Dubina regala kod unit load sustava može biti od jedne do tri dubine što znači da se do tri palete mogu složiti jedna iza druge. Naravno, potrebno je uzeti u obzir činjenicu da ukoliko se koristi regal sa dvije ili više dubina pristup robi neće biti moguć ukoliko se prvo ne pomakne roba sa prve pozicije u regalu. Stoga se sustav regala sa više od jedne dubine koristi u skladištima koja imaju veću količinu istovrsnih proizvoda koji se mogu skladištiti u isti red u dubinu.

Također, ukoliko se koriste regali sa dvije ili tri dubine slaganja AS/RS uređaj mora imati poseban dodatak koji omogućava dohvaćanje robe iz dubine regala. Najjednostavniji je sustav regala jedne dubine zbog velike dostupnosti robe. Dok je prednost dvostrukih i trostrukih regala u tome što povećavaju skladišni kapacitet ali smanjuju dostupnost robe.

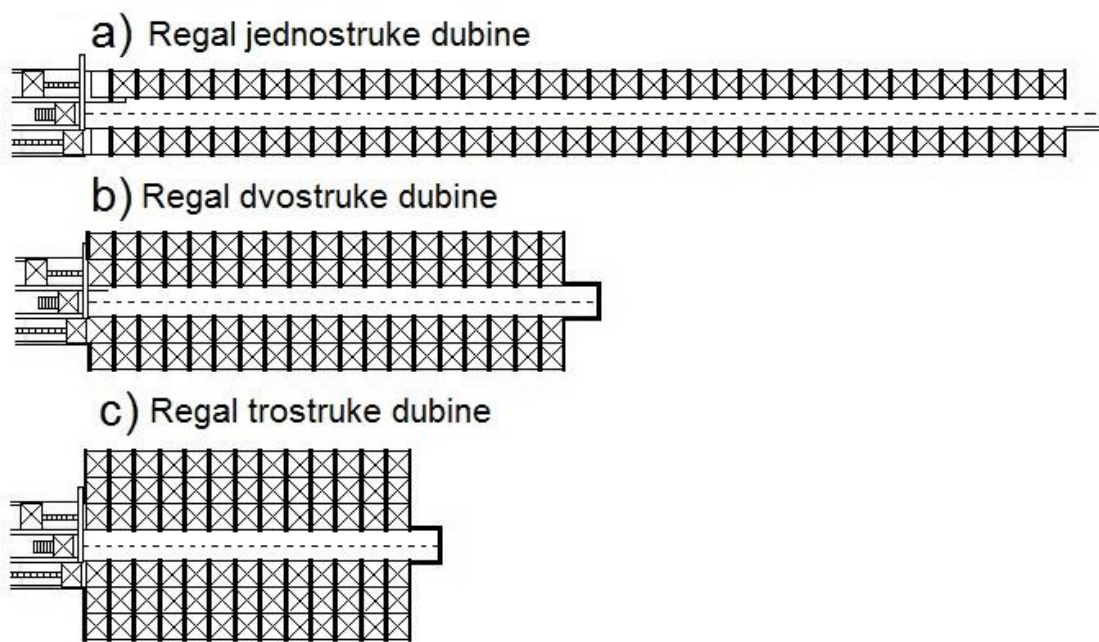
Deep lane sustav regala nudi visoku gustoću skladištenja, tj. visok stupanj iskorištenja prostora skladišta. Regali mogu biti izvedeni kao gravitacijski ili kao obični. Kod gravitacijskih regala roba koja ulazi s jedne (ulazne) strane se pomoću gravitacije pomiče prema drugoj (izlaznoj) strani. Roba koja prva uđe u regal prva će i izaći (FIFO). Ukoliko se sustav sastoji od samo jednog prolaza (središnjeg) tada će roba koja uđe prva biti zadnja poslužena (FILO).

Verzije deep lane sustava koja koristi kolica koja se kreću po regalu i transportiraju robu do AS/RS uređaja također se razlikuju po lokacijama i broju prolaza. Regali su opremljeni dodatnim tračnicama za kretanje kolica koja ujedno i napajaju kolica energijom ili kolica mogu biti napajana priključenom baterijom. Ovisno o veličini skladišnog prostora i regala moguće je korištenje više kolica istovremeno.



Slika 8 Neke od najčešćih struktura regala AS/RS sustava

Izvor: Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 203.



Slika 9 Zauzeće prostora korištenjem različitih struktura regala

Izvor: <http://www.bastiansolutions.com/blog/index.php/2010/03/05/options-available-with-asrs-technology/#.VZqYlZvFyYF>

Slike 8 i 9 prikazuju različite strukture regala:

- a) - jednostruki prolaz sa jednostrukim regalom (single wide aisle, single deep rack)
- b) – jednostruki prolaz sa dvostrukim regalom (single wide aisle, double deep rack)
- c) – dvostruki prolaz sa trostrukim regalom (double wide aisle, triple deep rack).

4.6.2. AS/RS uređaji

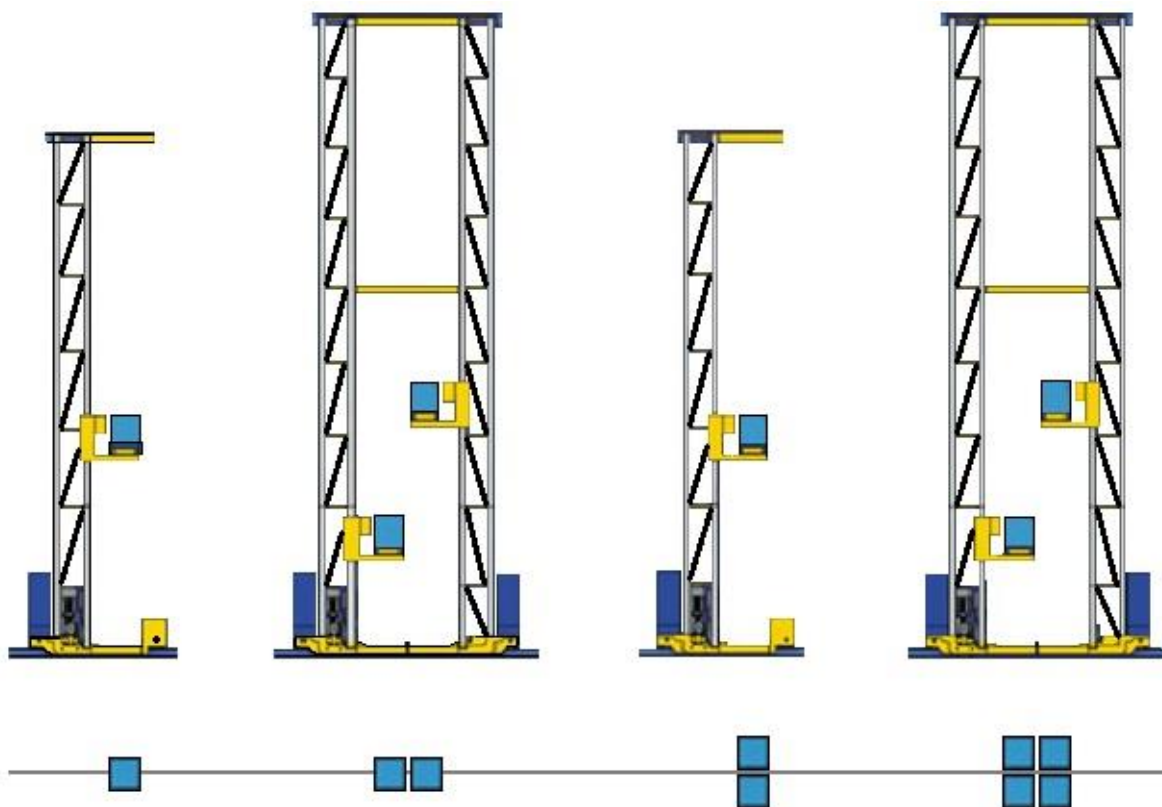
AS/RS uređaji ili dizalice (S/R machine) su robotizirani uređaji koji se koriste za prijenos tereta do/od ulazno/izlazne platforme i lokacije uskladištenja u regalu. Ovisno o modelu uređaj je opremljen sa horizontalnim pogonom, vertikalnim pogonom i uređajem za dohvaćanje tereta. Horizontalni pogon omogućava kretanje uređaja naprijed/nazad po tračnici u prolazu, vertikalni pogon po potrebi spušta ili diže teret, a uređaj za dohvaćanje tereta prebacuje teret sa regala na uređaj i obrnuto. U cilju povećanja učinkovitosti pogoni su u stanju djelovati istovremeno.

Ako sustav koristi regale dvostruke ili trostruke dubine AS/RS uređaj mora biti opremljen sa posebnim nastavkom za dohvaćanje tereta. Kod sustava kao što je deep lane koriste se posebna kolica koja putuju po regalu i prenose teret do ruba regala gdje se pomoću uređaja za dohvaćanje prebacuje na dizalicu. U nekim slučajevima kolica su dio AS/RS uređaja te se nakon što preuzmu teret dovezu do dizalice i na njoj nastave put do odredišta.

Neki uređaji su dizajnirani tako da istovremeno mogu prenositi jednu, dvije ili čak četiri paletne jedinice te na taj način skratiti vrijeme putovanja uređaja. Na primjer, moguće je da AS/RS uređaj, koji može istovremeno prenositi dvije paletne jedinice, u jednom ciklusu preuzme sa prekrcajne platforme paletnu jedinicu A i paletnu jedinicu B namjenjene za uskladištenje. Svoj put uređaj nastavlja do skladišne lokacije paletne jedinice A te nakon što je pohrani odlazi do skladišne lokacije paletne jedinice B kako bi je pohranio u regal.

Prikaz raznih izvedbi AS/RS uređaja dan je na slici 10. Prvi dio prikazuje osnovnu verziju za rukovanje jednim teretom istovremeno. Drugi uređaj može rukovati sa dva tereta istovremeno koji su raspoređeni jedan nasuprot drugog tako da uređaj ne zahtjeva dodatnu širinu prolaza, ali je uređaj konstruiran od dva kрана kako bi izdržao dodatno opterećenje jer se uglavnom koristi za sustave sa većom visinom skladištenja. Treći uređaj zahtjeva dodatnu širinu prolaza zbog toga što može manipulirati sa dvije paletne jedinice istovremeno koje su

smještene na platformi jedna pored druge. Ova vrsta zahtjeva duplu širinu prolaza. Uređaj broj četiri također zahtjeva duplu širinu prolaza jer rukuje sa četiri tereta istovremeno i također se sastoji od dva kрана. Na donjem dijelu slike nalazi se prikaz rasporeda tereta gledano s gornje strane.³⁹



Slika 10 Prikaz raznih vrsta AS/RS uređaja

Izvor: Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 167.

Bez obzira na broj jedinica tereta kojima mogu rukovati istovremeno neki uređaji zahtjevaju dodatnu širinu prolaza zbog same njihove konstrukcije. To su uglavnom uređaji koji su konstruirani za velike visine te manipulaciju teškim teretima te zbog toga imaju ojačanu i robusniju konstrukciju kрана koji ima jedan vertikalni stup ili dva. Uglavnom se uređaji sa dva vertikalna stupa koriste za visoka skladišta i za rukovanje teškim teretima.⁴⁰

³⁹ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 167.

⁴⁰ <http://www.unarcorack.com/asrs-systems-details/how-asrs-systems-work/>

Većina AS/RS sustava koristi jedan uređaj po prolazu. Ukoliko se želi povećati produktivnost skladišta moguće je korištenje dva uređaja u jednom prolazu istovremenu. Ova verzija zahtjeva ulazno/izlazne platforme na oba kraja prolaza. Sustavi koji koriste jedan AS/RS uređaj na dva ili više prolaza su rijetki zbog smanjenog učinka te kompleksnije izvedbe sustava.

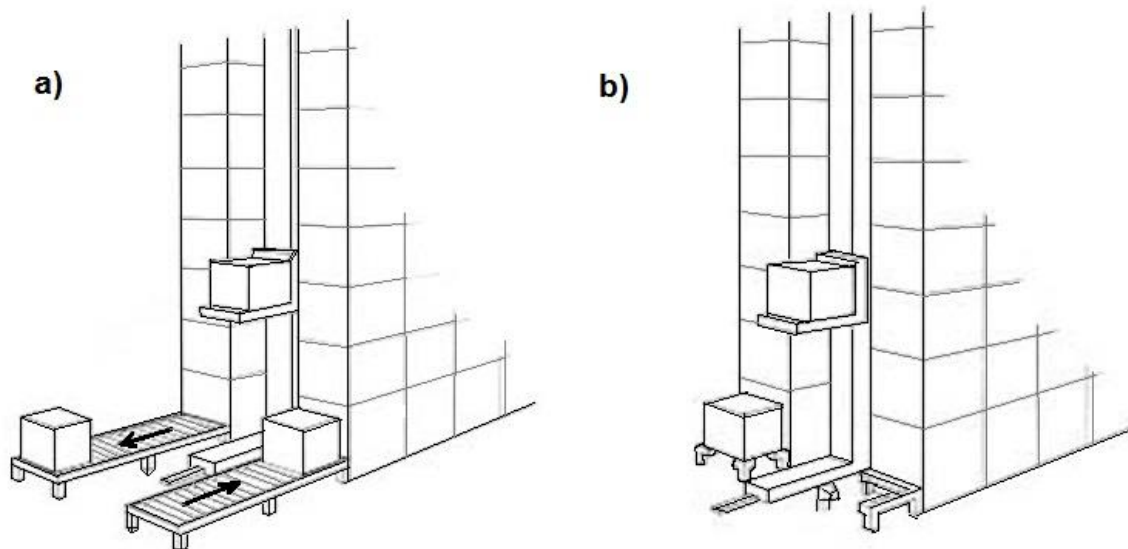
4.6.3. Ulazno/izlazne platforme

Ulazno izlazne platforme (Pick/Delivery stations ili Input/Output stations) su mjesta uz regale, na početku i/ili kraju prolaza, s kojeg AS/RS uređaj uzima robu ili na koje dostavlja robu iz regala. Ovisno o stupnju automatizacije skladišta roba se dalje s platforme preuzima viličarom, automatski navođenim vozilom ili se dalje transportira sustavom konvejera. Svaki AS/RS uređaj mora imati svoju platformu.

Najčešće su smještene samo na početku prolaza. Po potrebi se mogu napraviti i na drugoj, stražnjoj strani prolaza. Ukoliko u jednom prolazu rade dva AS/RS uređaja tada obavezno moraju postojati platforme na oba kraja prolaza. Ovisno o dizajnu skladišta i potrebama korisnika platforme se mogu postaviti i izdignute od tla. Moguće ih je povezati sa nizom konvejera koji bi robu dovozili/odvozili iz drugog dijela skladišta dok bi se na nižim platformama transport vršio viličarima.

Kod mini-load sustava ulazno izlazne platforme su često i zone komisioniranja na kojima radnici komisioniraju robu koja je uzeta iz regala te ostatak ponovno vraćaju u regale.

Slika 11 prikazuje ulazno/izlazne platforme povezane nizom konvejera (a) i fiksne prekrcajne stanice (b).



Slika 11 Prikaz ulazno/izlaznih platformi

Izvor: http://www.shelfplus.com/wp-content/uploads/asrs_configs.gif

Izgled ABC klasifikacije proizvoda, ukoliko se ona provodi, ovisi o broju i položaju ulazno/izlaznih platformi. Lokacije smještene najbliže ulazno/izlaznoj platformi predviđene su za A kategoriju proizvoda. To je mali broj proizvoda ali sa velikim udjelom u obrtaju. S obzirom na njihovo često korištenje i manipulaciju logično je da budu smješteni što bliže ulazu/izlazu. B kategorija proizvoda smješta se odmah uz A kategoriju a C kategorija u preostali dio regala. Ukoliko se ulazno/izlazne platforme nalaze na oba kraja regala tada se proizvodi A kategorije mogu smjestiti na nižim razinama regala po cijeloj njegovoj dužini, a ostale kategorije na višim razinama.

U velikom broju slučajeva proizvodu koji ulazi u regale računalni program dodjeljuje prvu slobodnu poziciju do ulazno/izlazne rampe, dakle koristi se metoda najkraće udaljenosti do lokacije bez ABC kategorizacije proizvoda.⁴¹

⁴¹ Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012. str 265.

4.7. Horizontalni i vertikalni karuseli

Karuseli se definiraju kao niz povezanih polica u neprekinutom lancu koji je montiran na kružnim nosačima. Kada se pokrene pogon, police kruže oko nosača i pred komisionera donosi traženu skladišnu lokaciju, odnosno proizvod. Operater izdvaja potrebnu količinu proizvoda te se zatim do operatera pomakne sljedeća lokacija i tako dalje. Rotacijom karusela se može upravljati ručno ili pomoću računala. Ovom tehnologijom se umjesto tradicionalnog hodanja komisionera do lokacije postiže to da lokacija, odnosno proizvod, dolaze komisioneru.⁴²

Postoje dvije različite vrste karusela za pohranu robe u skladištima. Horizontalni karuseli se rotiraju i pohranjuju proizvode u horizontalnoj ravnini dok se vertikalni karuseli rotiraju i pohranjuju proizvode u vertikalnoj ravnini te su po tome i dobili ime.⁴³ Načinom na koji rade, po principu „roba čovjeku, eliminira se nepotrebno hodanje do lokacije i traženje na lokaciji. Proizvodi se dostavljaju na poziciju komisioniranja te su dostupni radniku u optimalnom položaju za rad.⁴⁴

Osnovne prednosti horizontalnih i vertikalnih karusela:

- upravljačke kontrole koje na naredbu operatora dostavljaju određenu skladišnu lokaciju radniku,
- eliminacija neproduktivnog hodanja radnika do zadane lokacije
- ušteda u radu sustava,
- ergonomska prilagođenost sredstava komisioneru,
- visoka proizvodnost,
- uštede u prostoru.

Kao nedostaci navodi se visoka cijena sustava koja može biti i do 40% veća u odnosu na konvencionalne sustave i povećani zahtjevi za nadopunom zaliha kod većeg obrtaja sredstava.⁴⁵

⁴²http://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/5451/mod_resource/content/0/Predavanja/Predavanja_iz_komisioniranja.pdf

⁴³<http://www.isddd.com/horizontal-carousels-vertical-carousels-vertical-lift-modules-shuttles-VLMs>

⁴⁴http://www.kardex-remstar.de/fileadmin/user_upload/kardex-remstar/pdf-new/usa/ASRS-Capacity-and-Floor-Space-Savings.pdf

⁴⁵http://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/5451/mod_resource/content/0/Predavanja/Predavanja_iz_komisioniranja.pdf

Karuseli mogu biti upravljani ručno od strane radnika/operatora, ali najveću produktivnost daju u kombinaciji s:

- računalnim programom i uređajima koji kontroliraju kretanje karusela,
- programa za komisioniranje koji automatski locira traženi proizvod i istovremeno „traži“ sljedeći proizvod koji će zatim biti dostavljen na lokaciju radnika,
- zaslonom koji prikazuje radniku koliko komada određenog proizvoda treba kako bi ispunio narudžbu.⁴⁶

Različite kontrolne strukture koje koriste karuseli:

1. ručne kontrole: sastoje se od nožnih pedala, ručnih prekidača ili prilagođenih tipkovnica. Nožne pedale i ručni prekidači kontroliraju kretanje karusela u smjeru koji želi operater. Sustav sa ugrađenom tipkovnicom je fleksibilniji jer omogućuje veći broj naredbi koje se mogu ugraditi u sustav kao na primjer: putem tipkovnice se može zatražiti da se koristi najkraća udaljenost za dostavljanje tražene lokacije do operatera,
2. računalne kontrole: povećavaju mogućnosti automatizacije karusela i upravljanju zalihama proizvoda u karuselu. Primjer su automatizirani načini punjenja i pražnjenja modernih karusela koji omogućuju povezivanje karusela sa automatiziranim sustavima za manipulaciju bez utjecaja radnika. Nadalje, upravljanje podacima daje računalu kontrolu nad skladišnim lokacijama, inventarom i zapisima o kontroli inventara.⁴⁷

Slika 12 prikazuje horizontalni karusel i komisionera koji uzima potrebne proizvode iz spremnika kako bi upotpunio narudžbu. Radna mjesta komisionera najčešće su povezana nizom konvejera koji odvoze prikupljene artikle u drugi dio skladišta. Jedan radnik može biti zadužen za jedan karusel ili više njih, ovisno o njihovoj veličini.

⁴⁶ <http://www.isddd.com/horizontal-carousels-vertical-carousels-vertical-lift-modules-shuttles-VLMs>

⁴⁷ http://www.nuigalway.ie/staff-sites/david_osullivan/documents/unit_9_automated_storage_systems.pdf



Slika 12 Prikaz horizontalnog karusela

Izvor: <http://hertsmech.com/images/page-horizontal-carousel-thumb.jpg>

Prednosti horizontalnih karusela:

Efikasnost i brzo komisioniranje – traženi proizvodi brzo se dostavljaju komisioneru najkraćim putem, bez ikakvog hoda i traženja na lokaciji. Horizontalni karuseli često koriste i „pick to light“ način komisioniranja koja radniku pokazuje koji proizvod uzeti i u kojoj količini.

Komisioniranje više naloga – komisioniranje bez papirnatoг naloga omogućava da se istovremeno prikupljaju proizvodi za više naloga te se na taj način skraćuje vrijeme kroz manji broj okretanja karusela.

Ušteda prostora - horizontalni karuseli zauzimaju oko 40% manje prostora od standardnih poličnih regala. K tome, proizvodi su zbijeni na ograničenom prostoru, što eliminira neproduktivno hodanje do lokacije. Komisiona zona horizontalnih karusela iznosi svega od 5 do 10m².

Fleksibilnost i prilagodba – kako bi se povećala produktivnost tijekom vršnih perioda i sezonskih zahtjeva horizontalni karuseli mogu biti podjeljeni na više zona. Karuselom upravlja jedna osoba, a tijekom vršnih opterećenja više radnika može raditi na jednom karuselu. Struktura karusela se može prilagoditi bilo kojoj vrsti proizvoda.⁴⁸

Vertikalni karuseli su u potpunosti zatvoreni motorizirani sustavi sa vertikalno rotirajućim policama koje rotiraju gore ili dolje po vodilicama te dostavljaju pohranjene proizvode do ergonomski oblikovanog prozora od kuda komisioner uzima tražene proizvode. Mogu imati ugrađeni program za praćenje inventara koji prati stanje zaliha te povećava produktivnost i kontrolu zaliha.⁴⁹

Vertikalni karuseli su se počeli uvoditi radi smanjenog skladišnog prostora i neiskorištenog prostora u blizini stropa. Ovakvi sustavi iskorištavaju taj slobodni i neupotrebljivi prostor te povećavaju iskorištenje površine skladišta. Police unutar regala rotiraju u zatvorenoj petlji te radniku donose traženi proizvod do pristupnog prozora gdje se radnik nalazi. Moguće su izvedbe vertikalnih karusela sa više pristupnih prozora koji omogućuju da istovremeno više radnika obavlja posao. Pristupni prozori mogu se nalaziti jedan iznad drugog (na različitim katovima), jedan pored drugog ili sa prednje i stražnje strane karusela. Zatvorena konstrukcija karusela pruža i dodatnu sigurnost za vrijedan sadržaj a može se i povećati mehaničkim i elektroničkim metodama.⁵⁰

Prednost vertikalnih karusela:

- štede i do 80% prostora. Uglavnom zbog iskorištenja neiskorištenog prostora ispod stropa prostorije.
- povećanje produktivnosti
- ergonomski prilagođena radna mjesta
- poboljšana kontrola zaliha
- ograničenje pristupa inventaru unutar karusela
- zaštita od prašine.⁵¹

⁴⁸ <http://www.southwestsolutions.com/industrial/dynamic-automation-for-parts-picking-horizontal-carousel-control-system>

⁴⁹ <http://www.southwestsolutions.com/equipment/remstar-vertical-storage-carousels-kardex-asrs-carousels>

⁵⁰ Obad, E.: Automatizirani skladišni sustavi za komisioniranje, Završni zadatak, FSB, 2010.

⁵¹ <http://www.southwestsolutions.com/equipment/remstar-vertical-storage-carousels-kardex-asrs-carousels>



Slika 13 Prikaz vertikalnog karusela

Izvor: http://nada.hanelstoragesystems.com/Industrial_Rotomat_Vertical_Carousel_files/shapeimage_4.png

Na slici 13 je prikazan vertikalni karusel sa više pristupnih prozora koji se nalaze jedan pored drugog. Ovakva izvedba omogućava da istovremeno proizvodima može pristupiti više radnika. Pristupni prozori mogu se nalaziti i na različitim katovima ili sa prednje i stražnje strane karusela.

Razlike između karusela i AS/RS-a:

- AS/RS koristi regale za pohranu proizvoda ili police za pohranu kod mini-load sustava dok karuseli koriste posude ovještene na rotirajuću strukturu karusela,
- Kretanje dizalice AS/RS-a je pravocrtno po tračnicama dok se karuseli kreću oko ovalne strukture na kojoj su ovještene posude,
- Dizalica AS/RS-a se kreće u prolazu kako bi dohvatila tražene proizvode dok se karuseli okreću kako bi se traženi proizvod dostavio na radno mjesto komisionera,
- AS/RS se sastoji od više prolaza od kojih svaki sadrži regale za pohranu i dizalicu dok skladište koje koristi karusele može imati više pojedinačnih karusela.⁵²

⁵² http://services.eng.uts.edu.au/~johnd/MaterialsHandling/MH_Storage_short.pdf

4.8. Vertikalni podizni moduli

Vertikalni podizni moduli (Vertical Lift Modules – VLMs) su skladišni sustavi koji se sastoje od dva paralelna stupca za skladištenje polica, spremnika, kutija te središnjim stupcem kojim se kreće automatizirani uređaj za odlaganje i izuzimanje.⁵³

Vertikalni podizni moduli su izgledom slični vertikalnim karuselima te također pohranjuju robu u vertikalnoj ravnini, ali proizvodi ne kruže kako bi došli do komisionera. Proizvodi su uskladišteni na pladnjevima koji se kreću između radnih pozicija i skladišnih lokacija pomoću unutarnjeg sredstva za manipulaciju. U odnosu na karusele mogu se izdvojiti sljedeće prednosti vertikalnih podiznih modula:

- Traženi spremnik (skladišna jedinica) sa proizvodima za komisioniranje može biti direktno dostavljena do komisionera što je često brže od rotirajućeg sustava karusela,
- jedan vertikalni podizni modul može biti postavljen kroz nekoliko katova objekta a radna mjesta se mogu postaviti na svaki kat i sa svake strane modula,
- kako vertikalni podizni moduli imaju više radnih mjesta, nadopuna inventara se može obavljati istovremeno kada i komisioniranje,
- posude sa proizvodima nisu pričvršćene za konstrukciju modula ni za manipulacijski uređaj te se po potrebi može ukloniti iz modula te kasnije vratiti,
- posude se mogu slagati puno bliže jedna drugoj u vertikalnim podiznim modulima nego u karuselima što daje veće iskorištenje prostora za proizvode različitih veličina i za jako male proizvode,
- vertikalni podizni moduli automatski mjere visinu proizvoda u posudama te prema tim informacijama dodjeljuju posudi najpogodniju skladišnu lokaciju,
- prema potrebi, posude se brzo i lako mogu ukloniti ili dodati u modul kako bi se maksimizirao kapacitet prema trenutnim potrebama.

⁵³ Obad, E.: Automatizirani skladišni sustavi za komisioniranje, Završni zadatak, FSB, 2010.

Kao i horizontalni i vertikalni karuseli tako i vertikalni podizni moduli mogu biti opremljeni sustavom komisioniranja sa svjetlosnim signalima koji govore komisioneru koji proizvod treba uzeti, gdje je smješten u posudi i u kojoj količini.⁵⁴

Vertikalni podizni moduli mogu uskladištiti i do 1000 kg po posudi standardnih dimenzija širine tri metra, dužine metar i pol. Visina podiznih modula može biti i do 20 metara. Prednosti vertikalnih podiznih modula u odnosu na klasična rješenja:

- ušteda skladišnog prostora i do 80%,
- ergonomski prilagođeno radno mjesto,
- prilagodljiv dizajn,
- namijenjen skladištenju proizvoda raznih dimenzija,
- pruža dodatnu zaštitu proizvoda unutar modula.⁵⁵



Slika 14 Prikaz vertikalnog podiznog modula

Izvor: http://promat.hanelstoragesystems.com/Lean_Lift_Vertical_Lift_Module_files/shapeimage_3.png

⁵⁴ <http://www.isddd.com/horizontal-carousels-vertical-carousels-vertical-lift-modules-shuttles-VLMs>

⁵⁵ <http://www.southwestsolutions.com/equipment/kardex-remstar-vertical-lift-modules-shuttles-storage>

Slika 14 prikazuje strukturu vertikalnog podiznog modula. Sastoji se od tri glavna dijela odnosno stupca. Dva vanjska stupca koriste se za skladištenje te su opremljeni držačima na koje se oslanjaju posude za skladištenje. Središnji stupac služi za kretanje uređaja koji dohvaća traženu posudu do radnika.

Razlike između horizontalnih karusela i vertikalnih podiznih modula očituju se u sljedećem:

- cijeni: horizontalni karuseli su jeftiniji za oko 40 do 60% u odnosu na vertikalne podizne module. U obzir nisu uzete posude, ni uređaji za podizanje ili sigurnosni uređaji,
- gustoća skladištenja i zauzeće površine poda: horizontalni karuseli po svojoj prirodi ne iskorištavaju slobodan prostor iznad karusela te zahtijevaju i do 50% veću površinu poda u odnosu na vertikalne module,
- povezanost konvejerima: oba sustava mogu biti imati povezanu komisionu zonu nizom konvejera kojima se proizvodi prenose u drugi dio skladišta. Konvejeri se osim za robu koja se prikuplja koriste i za dostavljanje zaliha prilikom nadopunjavanja inventara,
- brzina prikupljanja: sustav koji se sastoji od 2 do 4 horizontalna karusela ima brzinu prikupljanja od oko 400 artikala po satu dok se kod vertikalnih modula vrijednosti kreću od oko 75 artikala po satu na jednom modulu
- zahtjevi za radnicima: sustav od 2 do 4 horizontalna karusela može biti upravljan od strane jednog radnika bez obzira na volumen prikupljanja. Na jednom modul vertikalnih podiznih modula može raditi jedan radnik ili više njih istovremeno ovisno o potrebi,
- način prikupljanja: oba sustava koriste vizualne informacije za prikupljanje traženih proizvoda i njihovu količinu,
- ergonomske uvjete: vertikalni moduli ne zahtijevaju od radnika saginjanje ili naprezanje prilikom dohvaćanja proizvoda kao što je slučaj sa proizvodima na nižim razinama u horizontalnom karuselu,
- preraspodjela proizvoda: kada se proizvod smjesti u posudu na horizontalnom karuselu on tamo i ostaje, dok kod vertikalnih modula je moguća promjena lokacije unutar modula ovisno koliko je često tražen određeni proizvod. Često su vertikalni moduli programirani da sami rade razmještaj na pozicije koje više odgovaraju određenim proizvodima,

- vrste posuda za skladištenje: dimenzije posuda horizontalnih karusela su nepromjenjive te se ne mogu prilagođavati veličini proizvoda. Kod vertikalnih podiznih modula moguće je prilagoditi visinu skladišne lokacije tako da se i proizvodi većih dimenzija mogu uskladištiti,
- sigurnost proizvoda: kako su horizontalni karuseli otvorene izvedbe oni ne pružaju veliku zaštitu proizvoda bez primjene dodatnih sredstava. Vertikalni moduli su zatvorene izvedbe te se po potrebi mogu i zaključati,
- zaštita proizvoda: pošto su horizontalni karuseli otvorene izvedbe proizvodi su izloženi prašini i drugim onečišćenjima iz zraka. Vertikalni moduli su po strukturi zatvoreni sustavi što štiti proizvode od prašine, para i drugih zagađivača.⁵⁶

⁵⁶ <http://www.cisco-eagle.com/blog/2012/05/02/vertical-lift-modules-vs-horizontal-carousels/>

5. Usporedba AS/RS sustava skladištenja s konvencionalnim načinom skladištenja

U sljedećem poglavlju će se usporediti automatizirani sustavi za pohranu i izuzimanje sa konvencionalnim skladišnim sustavima te će se detaljno analizirati pojedine prednosti odnosno nedostaci.

5.1. Ušteda prostora primjenom automatiziranih sustava za pohranu i izuzimanje

Najveća prednost automatiziranog sustava pohrane i izuzimanja je da štedi prostor u odnosu na konvencionalna skladišta. Skladišta koja koriste čelone viličare za manipulaciju robom zahtijevaju širinu prolaza između regala od 3,5 metara dok kod AS/RS sustava širina prolaza ovisi o pojedinim izvedbama (najčešće ovisi o dimenzijama paleta koje se koriste u skladištu) a kreće se od 1,3 do 1,5 metara za unit-load AS/RS sustave. Ukoliko se u skladištu koriste palete istih dimenzija kao i dimenzije prolaza u tome se slučaju prilikom dizajniranja mora staviti širina prolaza za oko 20cm šira od dimenzija palete zbog sigurnosnih razloga.⁵⁷

Viličari koji su namijenjeni za uske prolaze u visokoregalnim skladištima također zahtijevaju širinu prolaza od 1,3 metra ali imaju ograničeni doseg u visinu na 15 metara (ovisno o izvedbi pojedinog viličara)⁵⁸ dok kod unit-load sustava je ograničenje visine oko 50 metara ali kako je ranije navedeno, za takve visine pohrane, konstrukcije kranova zahtijevaju i širinu prolaza od 1,5 metara jer su robusnije građe.

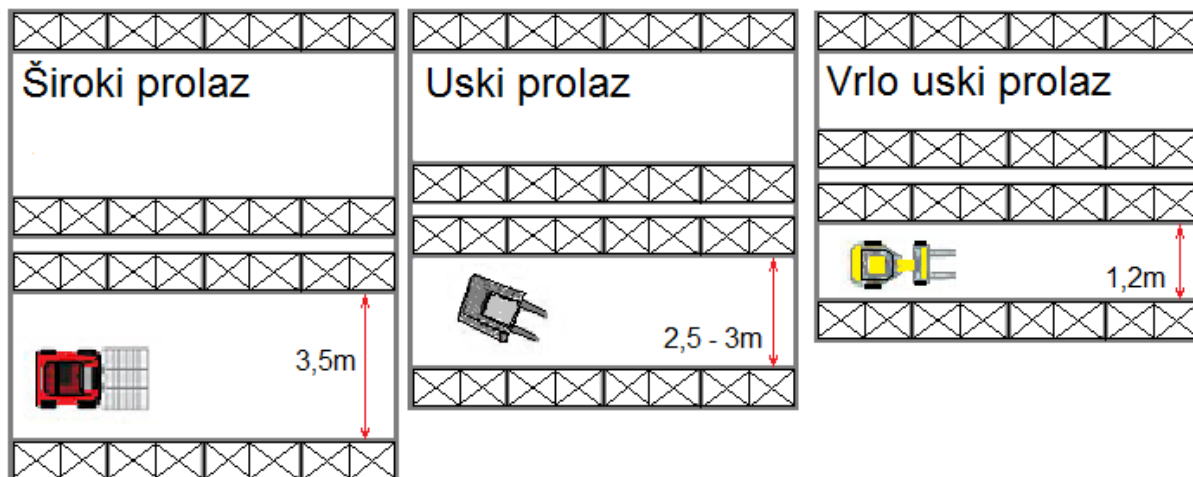
Ukoliko se u skladištu koriste regali koji omogućuju uskladištenje jedinica tereta do dvije jedinice u dubinu, kod nekih izvedbi regala čak i tri jedinice u dubinu, tu se postiže i dodatna ušteda na prostoru što je ranije prikazano slikom 9.

Kod mini-load AS/RS sustava širina prolaza ovisi o konstrukciji kрана sustava i jedinice za prijenos skladišne jedinice, a ne o dimenzijama same skladišne jedinice, a mogu biti od 750mm do 1000mm. Mini-load sustavi mogu biti opremljeni različitom opremom za

⁵⁷ <http://www2.isye.gatech.edu/~shackman/isy6202/PalletStorageAnalysis.pdf>

⁵⁸ Emmet, S.: Excellence in warehouse management, How to minimise costs and maximise value, John Wiley & Sons, Ltd, 2005, str 114.

rukovanjem tretom koje omogućuje uskladištenje i do četiri razine duboko. Ovisno o vrsti uređaja moguće je prenositi više skladišnih jedinica odjednom na više načina (jedna iznad druge ili jedna pored druge).



Slika 15 Usporedba širina prolaza za različitu vrstu manipulacijskih sredstava

Izvor: <http://www.inventoryops.com/Aisle%20Width.htm>

Tablica 3 Uobičajene značajke manipulacijske opreme

Vrsta opreme	Maksimalno opterećenje (kg)	Maksimalna visina podizanja (m)	Najveća brzina kretanja (km/h)	Najmanja potrebna širina prolaza (m)	Primjena
Viličar sa protuutegom	3000	7	15	3,00	unutarnja i vanjska primjena
Regalni viličar	2000	11	15	2,10	unutarnja primjena, između regala
Visokoregalni viličar sa zakretnom prednjom osovinom	1200	15	10	1,30	unutarnja primjena, između regala
Viličar sa zakretnim vilicama	2000	11	15	1,60	unutarnja primjena, između regala
Unit load AS/RS (30m)	1200/1500	30	15	1,20	Između regala
Unit load AS/RS (46m)	1500/2000	46	15	1,55	Između regala

Izvor: Emmet, S.: Excellence in warehouse management, How to minimise costs and maximise value, John Wiley & Sons, Ltd, 2005, str 114.

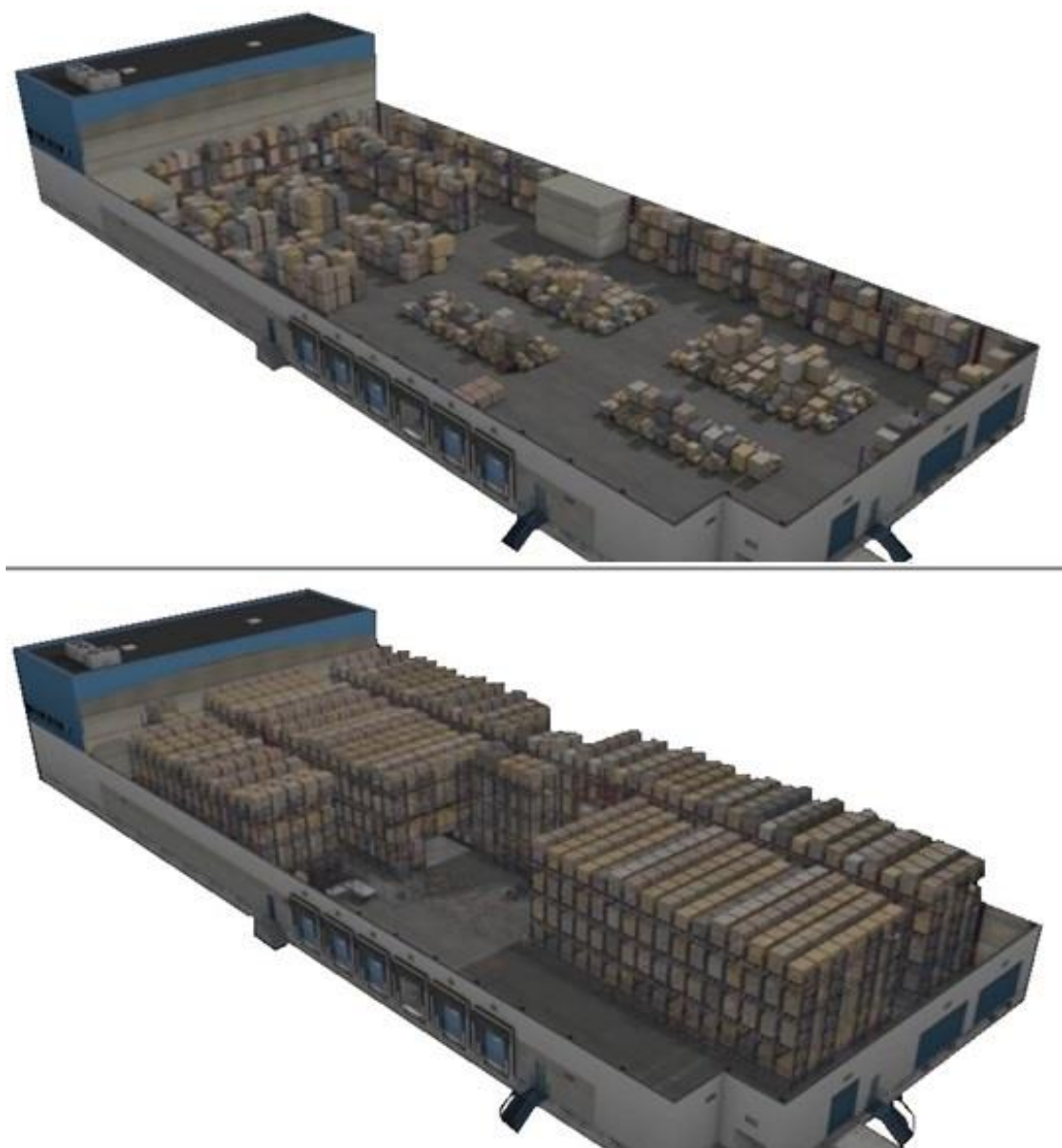
Uskim prolazima se nazivaju prolazi između regala širine od 2,5 do 3 i više metara. Isti broj paleta se može uskladištiti na oko 25% manjoj površini uporabom uskih prolaza u odnosu na standardne prolaze širine do tri metra. Vrlo uskim prolazima nazivaju se prolazi širine manje od dva metra, najčešće su od 1,2 do 1,8 metara širine kojima se može postići smanjenje potrebne površine skladišta za oko 40% - 50%. Ukoliko u obzir uzmemo i veliki doseg AS/RS-a u visinu čime se postiže visoko iskorištenje prostora skladišta jasno je vidljiva prednost automatiziranog sustava skladištenja u odnosu na korištenje klasičnih viličara u skladištima.⁵⁹

Današnje tržište se mijenja velikom brzinom. Stoga i skladišta moraju pronaći način kako udovoljiti raznim zahtjevima korisnika što znači da moraju biti fleksibilna. Skladišta sa širokim prolazima koja koriste viličare sa protuutegom su izrazito fleksibilna zahvaljujući karakteristikama viličara koji mogu utovariti robu u kamione izravno iz regala krećući se pri tome velikim brzinama, niskim troškovima nabave, kratkim vremenom potrebnim za obučavanje radnika/viličarista, visokim kapacitetima nosivosti i velikim izborom dodatne opreme. Viličari za uske i vrlo uske prolaze su skuplji u odnosu na viličare sa protuutegom. Njihova primjena je uglavnom ograničena na područje prolaza između regala. Njihovi nedostaci su manje brzine kretanja i izuzimanja robe, duži period obuke radnika za rukovanje viličarom i nemogućnost utovara tereta u kamione. Također, ova vrsta viličara zahtjeva dodatnu opremu kako bi se smanjio napor radnika prilikom korištenja viličara.⁶⁰ Izrazito nefleksibilni su AS/RS uređaji koji su ograničeni na kretanje unutar prolaza. Ukoliko se radi o AS/RS uređaju, tj takvoj konfiguraciji AS/RS sustava koji nema mogućnost promjene prolaza dizalica takav sustav je još manje fleksibilan.⁶¹

⁵⁹ <http://www.inventoryops.com/Aisle%20Width.htm>

⁶⁰ <http://www.inventoryops.com/Aisle%20Width.htm>

⁶¹ <http://www.ijitee.org/attachments/File/v1i5/E0282091512.pdf>



Slika 16 Izgled skladišta prije i poslije uvođenja AS/RS-a

Izvor: <http://www.westfaliausa.com/products/automated-storage-retrieval-systems/storage-density/>

Gornji dio slike 16 prikazuje izgled skladišta koje koristi podno slaganje robe i u manjoj količini paletne regale. Na donjem dijelu je prikaz istog skladišnog prostora koje koristi automatizirani sustav za skladištenje i dohvat robe. Jasno je vidljiva razlika u iskorištenju prostora skladišnog objekta u ova dva slučaja. Jedna od najvećih odlika automatiziranih skladišnih sustava je visoki stupanj iskorištenja skladišnog prostora. Uporabom različitih konstrukcija regala i izvedbi AS/RS sustava može se postići iskorištenje skladišnog prostora od 90%.⁶²

⁶² http://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/5462/mod_resource/content/0/Vezbe/Microsoft_Word_-_PERFORMANSE_SKLADISTA-vezbe.pdf

Primjer većeg iskorištenja površine objekta, kao i veća vertikalna iskoristivost prostora automatiziranih sustava skladištenja u odnosu na konvencionalne sustave prikazati će se kroz zadatak u kojem će se računati broj paleta koje se mogu uskladištiti na prostoru 120 x 40 x 10 metara.

Ulazni podaci:

- veličina palete: 1,2 x 1,00m
- širina vertikale: 0,12m
- prostor sa strane palete: 0,10m
- prostor iznad palete: 0,15m
- prostor između palete: 0,10m
- visina razine regala: 0,14m
- visina robe: 1,20m
- visina palete: 0,15m

Formule:

Širina modula = širina prolaza + 2 duljine paleta (kraća strana) + prostor između paleta

Dužina modula = širina vertikale + 3 prostora sa strane + 2 duljine paleta (dulja strana)

Visina modula = visina palete + visina robe + prostor iznad palete + visina razine regala

Ukupni kapacitet = broj modula u širini x broj modula u dužini x broj modula u visini

Rješenje:

A) Konvencionalno skladište koje koristi viličare koji zahtijevaju minimalnu širinu prolaza između regala od tri metra.

1. širina modula = 3 + 2 + 0,1 = 5,1m

dužina modula = 0,12 + 0,3 + 2,4 = 2,82m

visina modula = 1,2 + 0,15 + 0,15 + 0,14 = 1,64m

2. broj modula u širini = širina skladišnog prostora/širina modula = 48/5,1 = 9

broj modula u dužini = dužina skladišnog prostora/dužina modula = 120/2,82 = 42

broj modula u visini = visina skladišta/visina modula = 10/1,64 = 6

3. ukupni kapacitet = (9x2) x (42x2) x 6 = 9072 palete

B) Automatizirano skladište za paletne jedinice (UNIT-LOAD AS/RS) koje koristi širinu prolaza od 1,4 metra u skladišnom prostoru dimenzija 120 x 40 x 10 metara.

1. širina modula = $1,4 + 2 + 0,1 = 3,5\text{m}$
dužina modula = $0,12 + 0,3 + 2,4 = 2,82\text{m}$
visina modula = $1,2 + 0,15 + 0,15 + 0,14 = 1,64\text{m}$
2. broj modula u širini = širina skladišnog prostora/širina modula = $48/3,5 = 13$
broj modula u dužini = dužina skladišnog prostora/dužina modula = $120/2,82 = 42$
broj modula u visini = visina skladišta/visina modula = $10/1,64 = 6$
3. ukupni kapacitet = $(13 \times 2) \times (42 \times 2) \times 6 = \underline{13104}$ palete

U prvom slučaju, primjenom konvecionalnog sustava skladištenja sa širinom prolaza od tri metra, kapacitet skladišta iznosi 9072 paletna mjesta. U drugom slučaju, u kojem se primjenjuje AS/RS sustav gdje je širina prolaza smanjena na 1,4 metra kapacitet skladišta iznosi 13104 palete. Dodatnih 4000 mjesta za palete dobilo se samo zahvaljujući smanjenju širine prolaza između regala. Ukoliko se k tome doda i veliki doseg automatiziranih sustava u visinu dobije se sljedeći rezultat:

C) Automatizirano skladište za paletne jedinice (UNIT-LOAD AS/RS) koje koristi širinu prolaza od 1,4 metra u skladišnom prostoru dimenzija 120 x 40 x 30 metara.

1. širina modula = $1,4 + 2 + 0,1 = 3,5\text{m}$
dužina modula = $0,12 + 0,3 + 2,4 = 2,82\text{m}$
visina modula = $1,2 + 0,15 + 0,15 + 0,14 = 1,64\text{m}$
2. broj modula u širini = širina skladišnog prostora/širina modula = $48/3,5 = 13$
broj modula u dužini = dužina skladišnog prostora/dužina modula = $120/2,82 = 42$
broj modula u visini = visina skladišta/visina modula = $30/1,64 = 18$
3. ukupni kapacitet = $(13 \times 2) \times (42 \times 2) \times 18 = \underline{39312}$ paleta

Ukupni kapacitet skladišta koje koristi automatizirane visokoregalne skladišne sustave iznosi 39312 paleta na površini veličine 120 x 40 metara i visine 30 metara.

5.2. Usporedba troškova konvencionalnog i automatiziranog sustava skladištenja

Prednost automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje je kraće vrijeme povrata uložених finansijskih sredstava u izgradnju i korištenje sustava. Visoka početna ulaganja u opremu kao što su kranovi i regalne konstrukcije prate niži operativni troškovi u odnosu na konvencionalna skladišta. Razlog zbog kojeg su operativni troškovi niži su manji broj potrebne radne snage, smanjena potrošnja energije i manji troškovi održavanja. Izgradnja skladišnog objekta kao i sama priprema podloge za gradnju skladišta je također jeftinija kod izgradnje AS/RS sustava.

Kroz uporabu automatiziranih sredstava smanjuje se mogućnost ljudske pogreške prilikom rukovanja teretom što doprinosi smanjenju oštećenja robe i povećanju sigurnosti u skladištu kao i povećanju zaštite uskladištene robe od otuđenja.

Detaljan pregled troškova AS/RS-a u odnosu na konvencionalna skladišta sa uskim prolazima prikazan je u tablici 5. U tablici su se usporedila sljedeća dva načina skladištenja:

1. Konvencionalno skladište koje koristi viličare sa zakretnim vilicama (turret truck) i konfiguraciju uskih prolaza između standardnih paletnih regala.
2. AS/RS sustav sa visokoregalnom konstrukcijom.⁶³

Usporedba je načinjena na primjeru skladištu sa 11,424 paletnih mjesta u kojem se radi u dvije smjene od 7,5 sati. Skladište je namijenjeno za uskladištenje paleta dimenzija 120 x 100 cm čija bruto masa ne prelazi 1130 kg. Regali koji se koriste u skladištu su dvostruke dubine.

Koncept konvencionalnog skladišta sastoji se od osam prolaza širine 1,8 metara od kojih svaki ima dodjeljen viličar sa zakretnim vilicama. Ukoliko dođe do kvara na jednom od viličara drugi viličara može istovremeno pokrivati dva prolaza uz smanjenu učinkovitost. Za dopremanje punih paleta i odvoz praznih paleta koriste se viličari sa protuutegom. Ukupna dužina jednog reda regala je 92 metra. Uz to svaki prolaz sa stražnje strane ima 3,5 metra i sa prednje strane 7 metara dodatne dužine prolaza za manevriranje viličarima. Ukupna površina

⁶³ Zollinger, H., AS/RS AS/RS application, benefits and justification in comparison to other storage methods: a white paper automated storage retrieval systems. Production section of the Material Handling Industry of America, 1999.

navedenog prostora iznosi 6.238 m² plus dodatni prostor od 42 m² za punjenje baterija viličara. Zaposlenici pomoću ručnih čitača očitavaju bar kodove paleta koje ulaze ili izlaze iz sustava kao i lokaciju na koju se palete pohrane na regalu.

Koncept automatiziranog skladišnog sustava sastoji se od četiri prolaza širine 1,2 metra što omogućava minimalan sigurnosni razmak od 10 cm sa svake strane palete prilikom transporta između regala. AS/RS uređaji nemaju mogućnost promjene prolaza, što znači da svaki prolaz ima svoj uređaj koji nema mogućnost promjene prolaza ukoliko se jedan od uređaja pokvari. Ukupna dužina jednog reda regala iznosi 92 metra te sa stražnje strane postoji produženje od 3,5 metra dok je sa prednje strane produženje od 7 metara koje služi kao manipulacijska zona prilikom dostavljanja ili uzimanja paleta koje se vrši viličarima sa protuutegom. Podaci o proizvodima koji izlaze i ulaze u sustav regala očitavaju se automatski pomoću bar kod čitača. Sa prednje strane prolaza su postavljeni i konvejeri koji prenose paletne jedinice do i od sustava regala. Ukupna potrebna površina skladišta iznosi 2884 m².

Tablica 4 Karakteristike korištene opreme u oba načina skladištenja

	Konvencionalno skladište	AS/RS koncept
Maksimalna dopuštena masa palete	1130 kg	1130kg
Brzine:		
Brzina kretanja uređaja	10 km/h	10 km/h
Brzina podizanja/spuštanja tereta	1 km/h / 1,5 km/h	1,9 km/h
Brzina pohrane/izuzimanja	23 s prva pozicija 29 s druga pozicija u regalu	7,8 s prva pozicija 10,5 s druga pozicija
Brzina okretanja u prolazu	10 sekundi	/

Izvor: <http://www.mhi.org/downloads/industrygroups/as-rs/technicalpapers/asrswhitepaper2.pdf>

U oba promatrana slučaja koristi se paletizirana roba čija masa neće prelaziti 1130 kilograma. Brzine kretanja tih i tih viličara i AS/RS kрана su identične dok je kod automatiziranog sustava brzina podizanja i spuštanja tereta nešto veća u odnosu na brzinu viličara. Velika razlika u ova dva slučaja očituje se kod pohrane i izuzimanja paleta sa skladišne lokacije. Kako se u skladištu koriste dvostruki regali tako se razlikuju dva vremena pohrane/izuzimanja. Prvo vrijeme je vrijeme potrebno da se pohrani/izuzme paleta sa skladišne lokacije koja se nalazi uz prolaz a drugo vrijeme je vrijeme potrebno za pohranu/izuzimanje palete koja se nalazi iza prve palete tj. lokacije.

Tablica 5 Usporedba kapitalnih i operativnih troškova oba koncepta skladištenja

	Konvencionalno skladište		AS/RS koncept skladišta
Kapitalni troškovi (\$)			
Korišteni uređaji	(8) 803,000		(4) 1,742,000
Regalna konstrukcija	1,288,000		2,373,000
Kontrolni sustav	48,000		225,000
Protupožarna zaštita	475,000		350,000
Ukupni trošak opreme:	2,614,000		4,690,000
Skladišna zgrada	3,403,000		2,926,377
Priprema zemljišta	808,000		415,464
Ukupni kapitalni troškovi	6,825,000		8,031,841
Operativni troškovi (\$)			
Direktni troškovi radne snage	560,000		0
Indirektni troškovi radne snage	28,000		14,000
Nadzor sustava	17,500		7,000
Grijanje, rasvjeta, sl.	152,615		92,989
Održavanje sustava	24,088		17,422
Ukupni godišnji operativni troškovi	782,203		131,411
			Razlika
Kapitalni troškovi	6,825,000	8,031,841	1,206,841
Godišnji operativni troškovi	782,203	131,411	650,792
Odnos isplativosti	1,206,841/650,792 = 1.85 godina		

Izvor: <http://www.mhi.org/downloads/industrygroups/as-rs/technicalpapers/asrswhitepaper2.pdf>

Kapitalni troškovi AS/RS koncepta skladištenja su veći prvenstveno zbog veće cijene AS/RS uređaja u odnosu na cijenu viličara koje koristi konvencionalno skladište iako ih

zahtjeva duplo više. Velika razlika u cijeni je i u troškovima regalne konstrukcije. Manji broj redova regala AS/RS koncepta nadoknadio se gradnjom regala u visinu što zahtjeva ojačanu konstrukciju paletnih regala. Kontrolni sustav koji je zadužen za upravljanje radom automatiziranog sustava također predstavlja veliki novčani izdatak dok je kod konvencionalnog skladišta cijena puno manja.

Zbog većeg iskorištenja prostora u visinu, skladišni objekt automatiziranog sustava je površinom upola manji od objekta konvencionalnog skladišta pa su tako i troškovi pripreme zemljišta i izgradnje skladišne zgrade manji u odnosu na objekt konvencionalnog skladišta.

Godišnji operativni troškovi su izrazito manji kod AS/RS koncepta prvenstveno zbog toga što se sav rad obavlja automatizirano bez prisustva radne snage u dijelu skladištenja. Samim time u regalnog dijelu skladišta nije potrebna rasvjeta kao ni grijanje čime se dodatno uštedi. Pouzdanost AS/RS uređaja i činjenica da ih je upola manje od viličara u klasičnom skladištu pridonosi nižim troškovima održavanja sustava.

Usporedbom ukupnih troškova oba načina skladištenja dolazi se do zaključka kako unatoč višim kapitalnim troškovima i izrazito nižim godišnjim operativnim troškovima AS/RS koncept se, u ovom slučaju, isplati za manje od dvije godine rada u odnosu na konvencionalan način skladištenja. Treba napomenuti kako je analiza napravljena bez razmatranja nekih važnih parametara kao što su troškovi krađe, zaštite, sigurnosti, pouzdanosti proizvodnje, točnosti nadopune zaliha, smanjenja zaliha i slično.

Tablica 6 Prednosti i slabosti konvencionalnog i automatiziranog sustava skladištenja

	Koncept konvencionalnog skladišta	AS/RS koncept
Prednosti		
Radnik/automatizacija	Radnik donosi fleksibilnost sustava	Veći broj operacija
Obuka radnika	Duže vrijeme obuke	Kraće vrijeme obuke
Iskoristivost uređaja	Radnici zahtjevaju pauze	Rad bez pauza
Kvar opreme	Gubitak od 12,5% ukoliko se pokvari jedan od uređaja	25% gubitka ako se pokvari jedan od uređaja
Oštećenje proizvoda	Zbog ljudske pogreške više oštećenja	Manji broj oštećenja uz dobar sustav skeniranja paleta

Površina skladišta		Zahtjeva oko pola potrebne skladišne površine
Zaštita		Mogućnost zaštite prostora ogradom i vratima
Održavanje	Niski troškovi održavanja ukoliko se primjenjuje preventivno održavanje	Niski troškovi održavanja ukoliko se primjenjuje preventivno održavanje
Pouzdanost	Hidraulični sustavi i baterije imaju veći broj kvarova	Pouzdan električni pogon uređaja i sustav upravljanja
Troškovi sustava	Manji kapitalni troškovi	Manji operativni troškovi
Slabosti		
Radnik/automatizacija	Zahtjeva 16 radnika po danu	
Kvar opreme	Gubitak od 12,5% ukoliko se pokvari jedan od uređaja	25% gubitka ako se pokvari jedan od uređaja
Površina skladišta	Zahtjeva duplo veću površinu za razliku od AS/RS-a	
Zaštita	Često nestajanje robe iz skladišta	

Izvor: <http://www.ijtee.org/attachments/File/v1i5/E0282091512.pdf>

Koncept konvencionalnog skladišta nudi niz prednosti i nedostataka:

- Ukoliko je samo jedan uređaj u kvaru sustav radi sa većim obrtajem,
- Češće se uređaji kvare,
- Manji kapitalni troškovi,
- Manji povrat investicije.

AS/RS koncept skladišnog sustava nudi sljedeće prednosti i nedostatke:

- Radna snaga nije potrebna,
- Manji obrtaj robe ukoliko se pokvari uređaj,
- Zauzima manju površinu u odnosu na konvencionalno skladište,
- Veći povrat investicije.

Osim spomenutih prednosti AS/RS još nudi napredno praćenje i kontrolu zaliha, reducirano vrijeme obuke zaposlenika, višu sigurnost zaliha, manji broj oštećenja proizvoda i bolje iskorištenje opreme.

U ovom slučaju AS/RS ima financijsku prednost nad konvencionalnim skladištem kao i ostale navedene prednosti.

Kao najpogodniji uvjeti rada za primjenu automatiziranih visokoregalnih sustava navode se skladišta koja posluju u dvije ili tri radne smjene, u kojima su ključne razine zaliha, dvostruki operativni ciklus uređaja sa protokom od 10 do 35 operacija po satu. Kao povoljan položaj za izgradnju sustava navode se lokacije sa visokom cijenom zemljišta, lokacije bez ograničenja visine objekta, raspoloživost kvalificiranih tehničara za održavanje sustava, srednji broj vrsta skladišnih jedinica u odnosu na ukupan broj skladišnih jedinica i postojeća lokacija tvornice ili skladišta kako bi se izbjglo preseljenje skladišta. Vrlo povoljna okruženja bile bi hladnjače i rukovanje sa smrznutom hranom te proizvodi koji zahtijevaju striktno praćenje podataka o istima. Najpovoljnija tržišta su skladišta i distributivni centri sa visokom razinom protoka robe, u proizvodnji teških industrijskih dijelova, u proizvodnji zasebnih dijelova i proizvodnji i montaži elektroničkih komponenata.⁶⁴

Prilikom odlučivanja o uporabi ili ne uporabi automatiziranih skladišnih sustava za pohranu i dohvat potrebno je razmotriti jesu li proizvodi koji se proizvode ili skladište pogodni za rukovanje AS/RS sustavima skladištenja. Potrebno je razmotriti mogućnosti iskorištenja vertikalnog prostora skladišta. Ukoliko nije moguće koristiti skladišni prostor iznad npr. 12 metara tada možda AS/RS i nije najbolja opcija za skladište. Također je potrebno imati pričuveni plan ukoliko jedan od AS/RS uređaja zakaže. Potrebno je naći rješenje kako pristupiti proizvodima koji se nalaze u regalu i kako ih dohvatiti. Kako bi se što više uštedilo na prostoru važno je odabrati odgovarajući tip regala, jednostruki, dvostruki ili regale višestruke dubine. Kako bi sustav funkcionirao onako kako se to od njega zahtjeva operativni sustav mora biti kompatibilan sa postojećim WMS sustavom. Vrlo važno je napraviti financijsku analizu isplativosti uvođenja automatiziranih sustava za skladištenje i izuzimanje. AS/RS štedi na troškovima radne snage ali zahtjeva vrlo visoke investicijske troškove i klasificirano stručno osoblje za održavanje i popravke sustava.⁶⁵

⁶⁴ <http://www.mhi.org/downloads/industrygroups/as-rs/technicalpapers/asrswhitepaper2.pdf>

⁶⁵ <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/determining-if-asrs-fits-your-facility/>

6. Primjer automatiziranog sustava skladištenja iz prakse

U ovome poglavlju predstaviti će se tvrtka Kraš d.d., razvoj tvrtke i uvid u poslovanje. Prikazati će se i visokoregalno automatizirano skladište tvrtke smješteno u Zagrebu uz samu tvornicu. Povijest tvrtke započinje 1911. godine u Zagrebu, u Branimirovoj ulici, gdje je osnovana tvornica Union koja je u to vrijeme bila prvi industrijski proizvođač čokolade u ovom dijelu Europe. S vremenom, tvornica Union je postala carski i kraljevski dobavljač bečkog dvora. 1923. godine, također u Zagrebu započinje sa radom tvrtka Bizjak koja se bavila proizvodnjom dvopeka, keksa i vafla. Visokom kvalitetom svojih proizvoda tvornica je postala poznata na području šire regije.⁶⁶

Ključna godina je bila 1950. Kada je došlo do ujedinjenja tvornica Union i Bizjak te ostalih manjih proizvođača konditorskih proizvoda na području grada Zagreba. Ujedinjena tvrtka dobiva naziv Josip Kraš a sama tvornica se razvija kao proizvođač kako proizvoda, bombonskih proizvoda i keksa i vafla. Godine koje su uslijedile praćene su povećanjem ponude asortimana i zadržavanjem vodeće pozicije u regiji.⁶⁷ Od šezdesetih godina pa sve do 1989. Godine tvrtka Kraš je bila vodeća tvrtka u konditorskoj proizvodnji na području Jugoslavije s udjelom od 25% ukupne proizvodnje.⁶⁸

1992. godine tvrtka se preoblikuje iz društvenog poduzeća u dioničko društvo Kraš kada kreće i temeljito restrukturiranje te se kontinuirano teži unaprijeđenju poslovanja zadržavanju vodeće pozicije na tržištu.⁶⁹

Kako bi se ostvarili zadani ciljevi proširenja ponude i prodaje tvrtka Kraš 2003 godine postaje većinski vlasnik tvornice Mira iz Prijedora (BiH) koja se bavi proizvodnjom keksa. 2011. godine Kraš kupuje tvornicu Karolina iz Osijeka koja je osnovana 1920. godine te se također bavila proizvodnjom keksa.⁷⁰ Nakon preuzimanja navedenih tvornica provela se i strategija preraspodjele proizvodnje keksa između tvornica u Zagrebu, Osijeku i Prijedoru.⁷¹

⁶⁶ http://www.kras.hr/hr/povijest_krasa

⁶⁷ http://www.kras.hr/hr/povijest_krasa

⁶⁸ Černelić, Ž., Internet i elektroničko poslovanje tvrtke Kraš d.d., diplomski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta Rijeci, 2013.

⁶⁹ http://www.kras.hr/hr/povijest_krasa

⁷⁰ <http://web.efzg.hr/dok/OIM/tsliskovic/STRATEŠKA%20ANALIZA%20HRVATSKE%20KONDITORSKE%20INDUSTRIJE-2012.pdf>

⁷¹ <http://arhiva.nacional.hr/clanak/115423/kras-investirao-pet-milijuna-kuna-u-proizvodnu-tehnologiju-karoline>

Danas je Kraš vodeći hrvatski proizvođač konditorskih proizvoda te ujedno i najveći na području jugoistočne Europe. Uspjeh je to koji su postigli zahvaljujući modernizaciji proizvodnje, unaprijeđenju marketinga i uvođenjem novih proizvoda u proizvodnju.⁷²

Prema podacima iz 2010. godine u Hrvatskoj se proizvodnjom konditorskih proizvoda bavilo četrnaest proizvođača koji su zajedno te godine proizveli više od 60.000 tona proizvoda. Kraš kao vodeća tvrtka na području proizvodnje konditorskih proizvoda sudjelovala je sa 44% ukupne proizvodnje na tržištu.⁷³

Godišnja proizvodnja Kraš društva iznosi 33.000 tona konditorskih proizvoda od čega nešto manje od polovine izvozi na strana tržišta. 2012. godine ostvareni su prihodi na domaćem tržištu od 571,80 milijuna kuna, a prodajom na stranim tržištima ostvareni su prihodi od 415,10 milijuna kuna. Trenutno proizvode 400 različitih proizvoda od kojih se dio izvozi na strana tržišta. Obujam izvoza povećan je na tržištima Australije, Saudijske Arabije, Slovenije, Slovačke, Švedske, Crne Gore i Kosova.⁷⁴

U cilju daljnjeg razvoja tvrtke i modernizacije tvornica u lipnju 2001. godine započinje gradnja potpuno automatiziranog visokoregalnog skladišta uz tvornicu na Ravnicama. Projekt izgradnje je završen u kolovozu sljedeće godine a vrijednost investicije iznosila je 50 milijuna kuna.⁷⁵

Tehnički podaci o visokoregalnom skladištu:

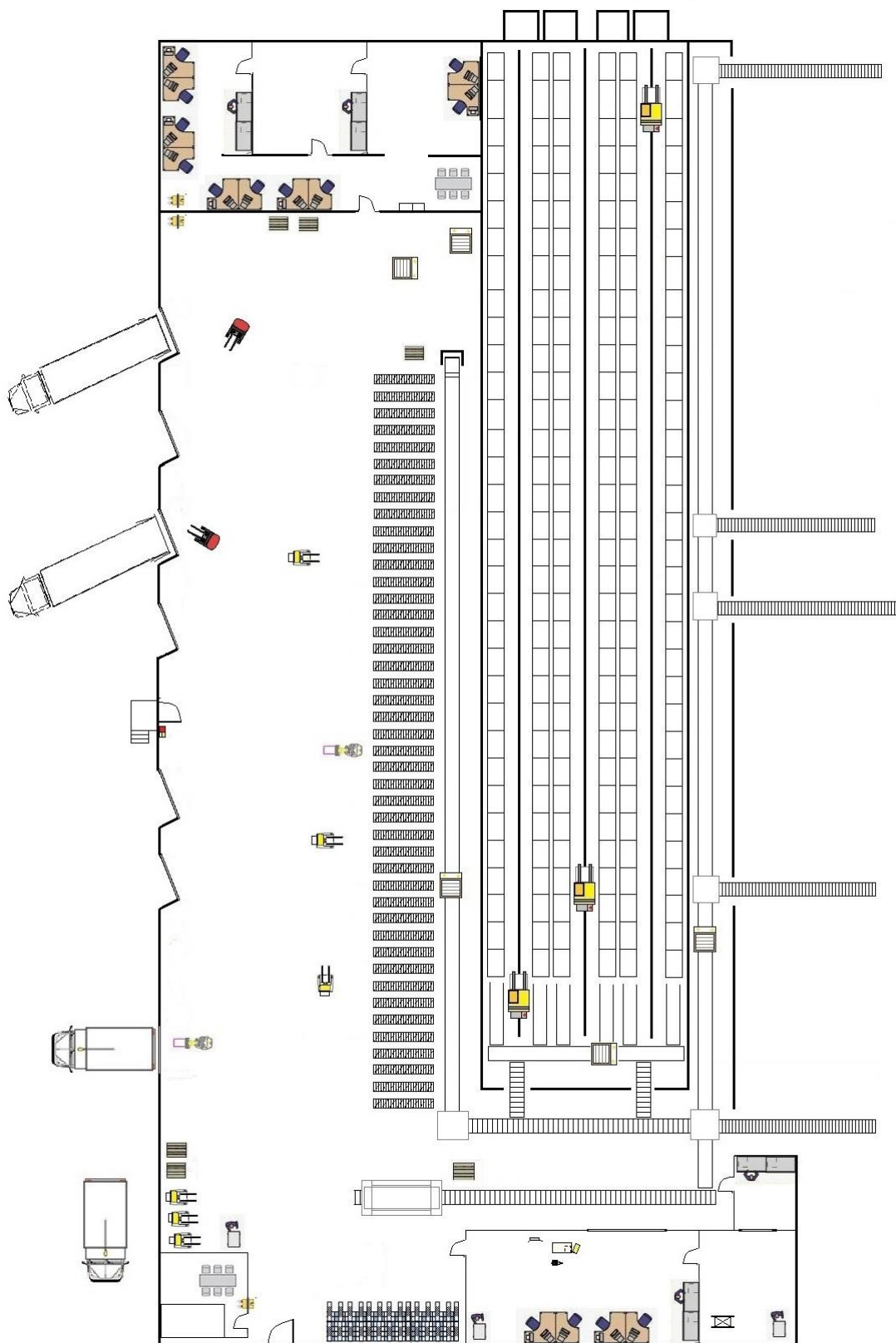
- Duljina skladišta: 126 m,
- Visina skladišta: 26 m,
- Broj paletnih mjesta: 9360,
- Broj prolaza: 3
- Broj AS/RS uređaja: 3.
- Putna (horizontalna) brzina dizalice: 4 m/s,
- Brzina podizanja tereta: 1 m/s.

⁷²<http://web.efzg.hr/dok/OIM/tsliskovic/STRATEŠKA%20ANALIZA%20HRVATSKE%20KONDITORSKE%20INDUSTRIJE-2012.pdf>

⁷³<http://web.efzg.hr/dok/OIM/tsliskovic/STRATEŠKA%20ANALIZA%20HRVATSKE%20KONDITORSKE%20INDUSTRIJE-2012.pdf>

⁷⁴ Černelić, Ž., Internet i elektroničko poslovanje tvrtke Kraš d.d., diplomski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta Rijeci, 2013.

⁷⁵ http://www.croatiabiz.com/info_lnews-article.php?ID=4360



Slika 17 Prikaz skladišnog objekta tvrtke Kraš d.d.

Izvor: Izradio autor prema izvoru https://www.youtube.com/watch?v=q-3bEeFo_XQ

Na slici 17 prikazan je raspored visokoregalnog skladišta i cijelog skladišnog objekta. Površina objekta iznosi 6.000 m², a površina visokoregalnog dijela iznosi 1.600 m². Skladište je namijenjeno uskladištenju 2.900 tona gotovih proizvoda koji dolaze sa proizvodnih linija putem niza povezanih konvejera. Maksimalna masa paleta sa gotovim proizvodima ne prelazi 400 kg dok je sustav konstruiran da izdrži palete mase i do 600 kilograma. Brzina kojom se proizvodi kreću konvejerima iznosi 8 m/s. Skladišni dio je koncipiran kao visokoregalno skladište sa tri prolaza širine 1,5 m, u kojem se nalazi po jedan AS/RS uređaj za pohranu i dohvrat paleta s proizvodima.

Regalni dio je fizički odvojen, tj. Izoliran od ostatka objekta kako bi se očuvala potrebna temperatura u regalnom dijelu koja iznosi 18°C. Popunjenost skladišta iznosi od 60 do 70% veći dio godine a doseže do 90% popunjenosti u vrijeme pred održavanja proizvodnih sustava i u predbožićno razdoblje.

Palete s proizvodima postavljaju se iz proizvodnih pogona na jedan od pet konvejera. Svaka paleta je označena bar kodom i unesena u računalni sustav. Posebno konstruirani transportni uređaj transportira palete od konvejera do skladišta. Dolaskom paleta s proizvodima do skladišta aktivira se računalni program koji automatski računa najbližu lokaciju pohrane u regalu te šalje naredbu AS/RS uređaju za pohranu paleta. Lokacija se bilježi u računalnom sustavu kako bi bila dostupna kada se zatraži taj proizvod.

Palete s proizvodima koje izlaze iz regala transportiraju se još jednim transportnim uređajem do jednog od 113 gravitacijskih kovejera gdje se dalje ručnim viličarima prevoze u transportna vozila preko 11 ukrcajno-iskrcajnih rampi koje su posebno dizajnirane i opremljene kako bi se spriječila velika promjena temperature za ovu osjetljivu vrstu proizvoda.

Visoki zahtjevi za tolerancijom sustava vidljivi su u tome da euro palete koje se koriste u skladištu, prilikom dolaska moraju proći kroz uređaj koji mjeri njihove točne dimenzije kako bi se provjerilo odgovaraju li postavljenim uvjetima. Palete koje prođu kontrolu šalju se u proizvodne pogone. Osim toga, AS/RS uređaji su opremljeni raznim senzorima kojima se snima prostor kojim se kreću uređaji. Ukoliko senzori zabilježe strani predmet na putanji uređaja tada šalju signal kontrolnom programu koji zaustavlja uređaj kako bi se predmet uklonio i da se na taj način spriječi oštećenje uređaja ili proizvoda.

Proračun prosječnih brzina kretanja visokoregalnih dizalica tvrtke Kraš:

Popis oznaka:

M – kapacitet regala koje opslužuje jedna visokoregalna dizalica,

L – dužina regala,

H – visina regala,

V_{hmax} – maksimalna horizontalna brzina kretanja dizalice,

V_{vmax} – maksimalna vertikalna brzina kretanja dizalice,

a_h – horizontalna akceleracija dizalice,

a_v – vertikalna akceleracija dizalice,

V_h – prosječna horizontalna brzina kretanja dizalice,

V_v – prosječna vertikalna brzina kretanja dizalice.

Tehničke značajke visokoregalnog skladišnog sustava:

- Kapacitet regala koje opslužuje jedna dizalica (dva regala sa po 1560 paletnih mjesta): $M = 3120$ paletnih mjesta,
- Dimenzije regala: $L = 120$ m, $H = 26$ m,
- Maksimalna brzina dizalica: $V_{hmax} = 4$ m/s, $V_{vmax} = 1$ m/s,
- Ubrzanje dizalica: $a_h = 0,6$ m/s², $a_v = 0,8$ m/s²,
- Vrijeme potrebno da se pohrani/izuzme paleta u/iz regala: $t_k = 8$ s.

Proračun prosječne horizontalne brzine kretanja visokoregalne dizalice:

Vrijeme potrebno za ubrzavanje do maksimalne brzine dizalice ili za usporenje sa

maksimalne brzine: $t_{h1} = \frac{V_{hmax}}{a_h} = \frac{4}{0,6} = 6,67$ s.

Za vrijeme ubrzavanja/usporavanja dizalica prijeđe put:

$$s_{h1} = \left(\frac{a_h}{2}\right) * (t_{h1})^2 = \left(\frac{0,6}{2}\right) * (6,67^2) = 13,35\text{m.}$$

Što znači da maksimalnom brzinom dizalica prijeđe put od:

$$s_{h2} = 120 - 2 * 13,35 = 93,3 \text{ metra,}$$

Potrebno vrijeme da dizalica prijeđe dio puta kojim se kreće maksimalnom brzinom:

$$t_{h2} = \frac{s_{h2}}{V_{hmax}} = \frac{93,3}{4} = 23,33 \text{ sekunde.}$$

Prosječna brzina kretanja dizalice iznosi: $V_h = \frac{2 * sh1 + sh2}{2 * th1 + th2} = \frac{2*13,35+93,3}{2*6,67+23,33} = 3,27 \text{ m/s}$

Proračun prosječne vertikalne brzine kretanja visokoregalne dizalice:

Potrebno vrijeme za ubrzavanje ili usporavanje sa maksimalne brzine dizalice:

$$t_{v1} = \frac{V_{vmax}}{a_v} = \frac{1}{0.8} = 1,25 \text{ s.}$$

Pri tome dizalica prijeđe put od:

$$s_{v1} = \left(\frac{a_v}{2}\right) * (t_{v1})^2 = \left(\frac{0.8}{2}\right) * (1,25^2) = 0,62 \text{ m.}$$

Vertikalni put koji dizalica prijeđe maksimalnom brzinom:

$$s_{v2} = 26 - 2 * 0,62 = 24,76 \text{ m,}$$

Potrebno vrijeme kako bi dizalica prešla dio puta gdje se kreće maksimalnom brzinom iznosi:

$$t_{v2} = \frac{s_{v2}}{V_{vmax}} = \frac{24,76}{1} = 24,76 \text{ sekundi.}$$

Prosječna vertikalna brzina kretanja dizalice: $V_v = \frac{2 * s_{v1} + s_{v2}}{2 * t_{v1} + t_{v2}} = \frac{2*0,62+24,76}{2*1,25+24,76} = 0,95 \text{ m/s}$

Za računanje trajanja jednostrukih i dvostrukih ciklusa koristiti će se Bozer-White model koji je jedan od najčešće korištenih modela za izračunavanje trajanja ciklusa.

Potrebno je najprije izračunati vrijeme potrebno da dizalica dođe od prekrajne stanice do vertikalnog i horizontalnog ruba regala:

$$t_h = \frac{L}{V_h} = \frac{120}{3,27} = 36,7 \text{ s,}$$

$$t_v = \frac{H}{V_v} = \frac{26}{0,95} = 27,37 \text{ s,}$$

Zatim se određuje pomoćna veličina T koja samo određuje veću vrijednost od predhodno izračunatih vremena koje je potrebno dizalici da stigne do ruba regala:

$$T = \max(t_h, t_v) = 36,7 \text{ s.}$$

Q označava faktor oblika regala a veličina faktora oblika regala uvijek je jednaka ili manja od 1. U slučajevima kada su vremena t_h i t_v jednaka, regal se naziva „square in time“ a svi ostali regali nazivaju se pravokutnima

$$Q = \min \left(\frac{t_h}{T}, \frac{t_v}{T} \right) = (1, 0.75) = 0.75,$$

Proračun trajanja jednostrukog ciklusa:

Prosječno vrijeme vožnje u regalu između prekrcajne stanice i lokacije u regalu:

$$E(SC) = \left(1 + \frac{Q^2}{3} \right) * T = \left(1 + \frac{0.75^2}{3} \right) * 36.7 = (1 + 0.19) * 36.7 = 43.67 \text{ s.}$$

Dok je prosječno vrijeme trajanja jednostrukog ciklusa t_{jc} :

$$t_{jc} = E(SC) + 2 * tk = 43.67 + 2 * 8 = 59.67 \text{ s}$$

Proračun trajanja dvostrukog ciklusa:

Da bi izračunalo trajanje dvostrukog ciklusa t_{dc} , gdje AS/RS dizalica mora obaviti jednu operaciju više i dodatno kretanje od jedne skladišne lokacije do druge E(TB) koja se računa na sljedeći način:

$$E(TB) = \left(\frac{1}{3} + \frac{Q^2}{6} + \frac{Q^3}{30} \right) * T = \left(\frac{1}{3} + \frac{0.75^2}{6} + \frac{0.75^3}{30} \right) * 36.7 = 16 \text{ s.}$$

Izraz za prosječno trajanje dvostrukog ciklusa je sljedeći:

$$t_{dc} = E(SC) + E(TB) + 4 * tk = 59.67 + 16 + 4 * 8 = 107.67 \text{ s.}$$

Izračunima je dobiveno vrijeme potrebno da visokoregalna dizalica odradi jednostruki ciklus u skladištu a iznosi 59,67 sekundi, dok je za dvostruki ciklus dizalice potrebno 107, 67 sekundi.

7. Zaključak

Unatoč velikim uštedama na radanoj snazi i velikom iskorištenju površine automatizirani skladišni sustavi za pohranu i izuzimanje nisu idealni i ne pristaju svakom skladištu. Pogodni su za skladišta sa velikim obrtajem u kojima se radi u dvije ili tri smjene i na lokacijama gdje je cijena zemljišta vrlo visoka ili je ponuda dostupnog skladišnog prostora ograničena. Vrlo su pogodni za uporabu u hladnjačama i rashladnim skladištima kako bi se radnici zaštitili od štetnih utjecaja niskih temperatura. Također su pogodni za rukovanje opasnim materijalima.

Najveći nedostaci automatiziranih sustava za pohranu i izuzimanje su visoki investicijski troškovi u koje su uključeni troškovi kupnje AS/RS uređaja i regala. Ove nedostatke u visokim investicijskim troškovima AS/RS nadoknađuje izrazito niskim operativnim troškovima jer nema potrebe za ljudskom radnom snagom osim u dijelu nadzora sustava. Troškovi električne energije i troškovi održavanja također su niži u odnosu na iste troškove konvencionalnih skladišnih sustava. Uporabom automatiziranih sustava za skladištenje se smanjuje broj oštećenja proizvoda kojima se rukuje i povećava sigurnost u skladištu. Kako automatizirani sustavi ne zahtijevaju direktnu radnu snagu moguće je taj skladišni prostor odvojiti zaštitnom ogradom i vratima te na taj način dodatno zaštititi proizvode koji se skladište

Kao i svi automatizirani sustavi tako je i ovaj sustav za skladištenje nefleksibilan i zahtijeva precizno planiranje prilikom konstruiranja sustava. Velike poteškoće mogu nastati ukoliko dođe do većeg kvara na sustavu koji nije moguće ukloniti na brzi način. Stoga je potrebno imati kvalificirani stručni kadar u blizini koji će otkloniti kvar u što kraćem roku uz minimalne gubitke. AS/RS je u pravilu vrlo pouzdan sustav uz primjenu redovitog preventivnog održavanja.

Automatizirani sustavi su prilagodljivi raznoj vrsti robe. Od paletizirani skladišnih jedinica, jedinica tereta bez sredstva oblikovanja skladišne jedinice, pa sve do malih i sitnih dijelova/proizvoda koji se pohranjuju u ladicama, kutijama ili različitim posudama. Podaci o vrsti i količini uskladištene robe koji se prikupe tijekom rada sustava spremaju se u bazu podataka sustava te se u bilo kojem trenutku može provjeriti količina i lokacija proizvoda na zalihama.

Popis literature

Knjige:

1. Emmet, S.: Excellence in warehouse management, How to minimise costs and maximise value, John Wiley & Sons, Ltd, 2005,
2. Manzini. R.: Warehousing in the global supply chain, Advanced models, tools and applications for storage systems, Springer, London, 2012,
3. Prikril, B., Božičević, D.: Mehanizacija pretovara i skladištenje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1987,
4. Ten Hompel, M., Schmidt, T.: Warehouse management, Automation and organisation of Warehouse and order picking systems, Springer, Berlin, 2007,

Članci, radovi, referati, autorizirana predavanja, studije:

5. Černelić, Ž., Internet i elektroničko poslovanje tvrtke Kraš d.d., diplomski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta Rijeci, 2013,
6. Đukić, G. Analiza i oblikovanje skladišnih sustava, magistarski rad, Zagreb, 2000,
7. Obad, E.: Automatizirani skladišni sustavi za komisioniranje, Završni zadatak, FSB, 2010.,
8. Renko, S.: Autorizirana predavanja iz kolegija Poslovna logistika, Ekonomski fakultet, Zagreb,
9. Rogić, K.: Autorizirana predavanja iz kolegija Skladištenje i unutrašnji transport, Zagreb, 2008,
10. Zollinger, H., AS/RS AS/RS application, benefits and justification in comparison to other storage methods: a white paper automated storage retrieval systems. Production section of the Material Handling Industry of America, 1999,
11. Xu Xusong, Xiong Hongbin Department of Management science and Engineering Economics and Management School of Wuhan University, str. 686,

Internet izvori:

12. <http://wsionline.com/> (srpanj 2015)
13. <http://www.nuigalway.ie/> (srpanj 2015)
14. <https://www.fsb.unizg.hr/> (srpanj 2015)
15. <http://ycmou.digitaluniversity.ac/> (srpanj 2015)
16. <https://whitman.syr.edu/> (lipanj 2015)

17. <http://www.ijitee.org/> (rujan 2015)
18. <http://nastava.sf.bg.ac.rs/> (srpanj 2015)
19. <http://www.inc.com/> (lipanj 2015)
20. <http://www.seiofbluemountain.com/> (srpanj 2015)
21. <http://www.cisco-eagle.com/> (srpanj 2015)
22. <http://www.systemlogistics.com/> (srpanj 2015)
23. <http://www.dematic.com/> (kolovoz 2015)
24. <http://www.agilistics.com.au/> (rujan 2015)
25. <http://www.ise.ncsu.edu/> (srpanj 2015)
26. <http://www.answers.com/> (srpanj 2015)
27. <http://www.ignou.ac.in/> (kolovoz 2015)
28. <http://www.thomasnet.com/> (rujan 2015)
29. <http://www.indiamart.com/> (kolovoz 2015)
30. <http://www.youtube.com/> (rujan 2015)
31. <http://www.bastiansolutions.com/> (rujan 2015)
32. <http://www.unarcorack.com/> (rujan 2015)
33. <http://www.shelfplus.com/> (kolovoz 2015)
34. <http://nastava.sf.bg.ac.rs/> (srpanj 2015)
35. <http://www.isddd.com/> (srpanj 2015)
36. <http://www.kardex-remstar.de/> (srpanj 2015)
37. <http://hertsmech.com/> (srpanj 2015)
38. <http://www.southwestsolutions.com/> (srpanj 2015)
39. <http://services.eng.uts.edu.au/> (srpanj 2015)
40. <http://promat.hanelstoragesystems.com/> (srpanj 2015)
41. <http://www2.isye.gatech.edu/> (srpanj 2015)
42. <http://www.inventoryops.com/Aisle%20Width.htm> (rujan 2015)
43. <http://www.westfaliausa.com/> (rujan 2015)
44. <http://www.mhi.org/> (rujan 2015)
45. <http://www.inboundlogistics.com/> (rujan 2015)
46. <http://www.kras.hr/> (rujan 2015)
47. <http://web.efzg.hr/> (rujan 2015)
48. <http://www.croatiabiz.com/> (rujan 2015)
49. <http://arhiva.nacional.hr/> (rujan 2015)

Popis ilustracija

Popis slika:

Slika 1 Grafički prikaz strukture logističkih troškova za Europsku uniju i SAD.	4
Slika 2 Grafički prikaz odnosa transportnih i skladišnih troškova.....	5
Slika 3 Grafički prikaz raspodjele troškova skladišnih operacija	7
Slika 4 Prikaz visokoregalnog automatiziranog sustava sa pripadajućim komponentama	13
Slika 5 Struktura upravljačkog sustava AS/RS-a	17
Slika 6 Automatizirano skladište za komisioniranje (Man on board AS/RS).....	25
Slika 7 Deep lane AS/RS regali	27
Slika 8 Neke od najčešćih struktura regala AS/RS sustava	30
Slika 9 Zauzeće prostora korištenjem različitih struktura regala	30
Slika 10 Prikaz raznih vrsta AS/RS uređaja	32
Slika 11 Prikaz ulazno/izlaznih platformi	34
Slika 12 Prikaz horizontalnog karusela	37
Slika 13 Prikaz vertikalnog karusela	39
Slika 14 Prikaz vertikalnog podiznog modula	41
Slika 15 Usporedba širina prolaza za različitu vrstu manipulacijskih sredstava.....	45
Slika 16 Izgled skladišta prije i poslije uvođenja AS/RS-a.....	47
Slika 17 Prikaz skladišnog objekta tvrtke Kraš d.d.....	58

Popis tablica:

Tablica 1 Karakteristike različitih unit load sustava	20
Tablica 2 Karakteristike različitih mini-load sustava.....	23
Tablica 3 Uobičajene značajke manipulacijske opreme	45
Tablica 4 Karakteristike korištene opreme u oba načina skladištenja.....	51
Tablica 5 Usporedba kapitalnih i operativnih troškova oba koncepta skladištenja	52
Tablica 6 Prednosti i slabosti konvencionalnog i automatiziranog sustava skladištenja	53